



วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2550

Ultrastructure ของใบส้มที่เป็นโรค Huanglongbing (Greening)

อรอุมา เรืองวงษ์ อังสนา อัศพรพิศาล และ ชาตรี สิทธิกุล.....185

การไหลของน้ำในลำต้นและความต้านทานปากใบของต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบสลับข้างทีละครึ่งต้น
เปรียบเทียบกับแบบขาดแคลนน้ำ และได้รับน้ำเต็มที่

วินัย วิริยะอลงกรณ์ และ สมชาย องค์ประเสริฐ.....191

ผลของน้ำตาลซูโครสต่อการเจริญเติบโตและการสร้างหัวในสภาพปลอดแก้วของกล้วยไม้ดินนางอ้วสาคริก

ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย และ พิมพิ์ใจ อาภาวัชรุดม.....197

ผลของไนโตรเจนและเหล็กคีเลตต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นในระบบไฮโดรโปนิิกส์แบบ
เทคนิคการให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากเป็นฟิล์มบาง

ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย หทัย กฤษดาภาณิชย์ และ ไสระยา ร่วมรังษี.....207

การปรับปรุงพันธุ์พริกเผ็ตรหว่าง *Capsicum annuum* x *C. Chinense*

พัฒนา ภาสอน ลำไย โกวิทยากร ถาวร โกวิทยากร และ ศรีสมพร ปรีเปรม.....213

ผลของสารประกอบอินทรีย์และสารควบคุมการเติบโตต่อการเจริญและออกดอกของกล้วยไม้เหลือง
จันทร์บูรในหลอดทดลอง

ปรัชพรรณ หนูจีน และ สมปอง เตชะโต.....219

การเปรียบเทียบคุณภาพของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์และระบบปกติระหว่างการเก็บรักษา

นิรุช มิ่งเมือง และ ดนัย บุญเกียรติ.....227

จำนวนโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีด้วยวิธีการเพิ่มชุดโครโมโซม โดยใช้โคลชิซิน

ณัฐชานันท์ พันธภูมิ และ ณัฐา โพธารมณ์.....237

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมพันธุ์กรีนไอส์คัลฟพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิิกส์

วารินทร์ ใจวิเสน และ ดนัย บุญเกียรติ.....243

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์สี

วุฒิชัย เคนไชยวงศ์ มนต์ชัย ดวงจินดา บัญญัติ เหล่าไพบุลย์ และ เทวินทร์ วงษ์พระลับ.....253

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A 4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด ตัวอักษร Cordia new ขนาด 14 ตัวอักษรต่อหน้า ความยาวไม่ควรเกิน 10 หน้า (รวมบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.2 ชื่อผู้เขียนและที่อยู่ เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.3 บทคัดย่อ (Abstract) ควรเป็นเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยรวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุปด้วย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 200 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย (บทความปริทัศน์อาจไม่ต้องมีบทคัดย่อ)

3.4 คำนำ (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย อาจรวมการทบทวนเอกสาร (Review of Literature) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยได้ด้วย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้อธิบายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษา (Results) ให้อธิบายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมุติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็นผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง (References)

5.1 ในเนื้อเรื่องไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องหรือห่างไกล ระบบที่ใช้อ้างอิงคือระบบชื่อและปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น สมชาย (2545) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย, 2545) หากมีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้ชื่อสมชาย และสมหญิง (2547) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย และสมหญิง, 2547) และถ้ามีผู้เขียนตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อคนแรกแล้วตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น สมชาย และคณะ (2546) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย และคณะ, 2546) ในกรณีเอกสารเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลและปี ค.ศ. เช่น Johny, (2003)...หรือ...(Johny, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้ชื่อ Johny and Walker (2004) ...หรือ...(Johny and Walker, 2004) หากมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้ชื่อ Johny *et al.* (2005)...หรือ...(Johny *et al.*, 2005) สำหรับในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคนห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนมีดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (เขียนเต็มหรือย่อก็ได้) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

วันทนา มุฑิตา และ ณัฐา ควรประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุศาสตร์และการถ่ายทอดลักษณะของฟิวเซีย. ว. เกษตร 20(1): 10-18.

Barceñas, N.M., T.R. Unruh and L.G. Neven. 2005. DNA diagnostics to identify internal feeders (Lepidoptera: Tortricidae) of pome fruits of quarantine importance. J. Econ. Entomol. 98(2): 299-306.

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

จริยา วิสิทธิ์พานิช ชาติศรี สิทธิกุล และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. ธมมวรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 308 หน้า.

Gullan, P.J. and P.S. Cranston. 2005. The Insects: An Outline of Entomology. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 pp.

3) เรื่องย่อในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน และมีบรรณานุกรม

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. ใน:

ชื่อบรรณานุกรม, (บก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยเกียรติ, (บก.). แมลงและศัตรูศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โอเดียสแควร์, กรุงเทพฯ.

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee sociality, pp. 3-20. In: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi, (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

4) วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ระดับวิทยานิพนธ์. สถาบันการศึกษา. เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

อภิรักษ์ มณีพองษ์. 2547. ผลของการใช้อินชงต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

5) เอกสารวิชาการอื่นๆ

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด. ทวีศักดิ์ ชัยภาส. 2544. แมลงศัตรูปลาน้ำจืดในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

6) สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ชื่อWebsite (วันเดือนปีที่สืบค้นข้อมูล).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.doe.go.th/proster/nondin/html> (21 เมษายน 2548)

Linardakis, D.K. and B.I. Manolis. 2005. Hydroponic culture of strawberries in perlite. (Online). Available: <http://www.schundler.com/strawberries.htm> (April 21, 2005)

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งต้นฉบับ 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล โดยส่งถึง บรรณานุกรมวารสารเกษตร งานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี)	Publication	Tri-annually
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง	Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัย รองคณบดีฝ่ายบริการวิชาการและ ถ่ายทอดเทคโนโลยี รศ. นคร ฤ ล่ำปาง ผศ. ดร. มนุ ศรีติสาร รศ. ดร. พัทยา สรวมศิริ ศ. เฉลิมพล แซ่มเพชร รศ. ไพฑูรย์ รอดวินิจ รศ. ดร. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล รศ. ดร. ไสว บุรณพานิชพันธุ์ รศ. ดร. สมบัติ ศรีชูวงศ์ รศ. ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ ผศ. วราภา คุณาพร รศ. ถนอม คลอดเพ็ง รศ. ดร. ธวัชชัย รัตนซ์เลศ	Consultant	Dean, Faculty of Agriculture Associate Dean for Research Affairs Associate Dean for Community Affairs and Technology Transfer Nakorn Nalampang, Assoc. Prof. Manu Seetisarn, Ph.D., Assis. Prof. Pittaya Srumsiri, Dr. Agr., Assoc. Prof. Chalermpone Sampet, Prof. Paitoon Rodvinij, Assoc. Prof. Boonlom Cheva-Isarakul, Dr. Agr, Assoc. Prof. Sawai Buranapanichpan, Ph.D., Assoc. Prof. Sombat Srichuwong, Ph.D., Assoc. Prof. Supasark Limpiti, Assoc. Prof. Warapa Kunaporn, Assist Prof. Thanom Klodpeng, Assoc. Prof. Tavatchai Radanachaless, Dr. Agr., Assoc. Prof.
บรรณาธิการ	รศ. ไพฑูรย์ รอดวินิจ	Editor	Paitoon Rodvinij, Assoc. Prof.
กองบรรณาธิการ	รศ. ดร. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล รศ. ดร. ไสว บุรณพานิชพันธุ์ รศ. ดร. สมบัติ ศรีชูวงศ์ รศ. ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ ผศ. วราภา คุณาพร รศ. ถนอม คลอดเพ็ง รศ. ดร. ธวัชชัย รัตนซ์เลศ	Editorial Board	Boonlom Cheva-Isarakul, Dr. Agr, Assoc. Prof. Sawai Buranapanichpan, Ph.D., Assoc. Prof. Sombat Srichuwong, Ph.D., Assoc. Prof. Supasark Limpiti, Assoc. Prof. Warapa Kunaporn, Assist Prof. Thanom Klodpeng, Assoc. Prof. Tavatchai Radanachaless, Dr. Agr., Assoc. Prof.
เลขานุการ	นางสาววิไลพร ธรรมตา	Secretary	Vilaiporn Thammata
สำนักงานและ การติดต่อ	กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200 โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 11 โทรสาร 0 5394 4666 E-mail: agjournal@chiangmai.ac.th	Office and Inquiries	Editorial Board, Journal of Agriculture, Research and International Relations, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand Tel: 0 5394 4089-92 Fax: 0 5394 4666 E-mail: agjournal@chiangmai.ac.th
การบอกรับ เป็นสมาชิก	บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับ รับเป็นสมาชิกที่ได้แนกมาพร้อมนี้ หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง	Membership	Apply through the membership form as attached herewith or contact directly to the Editorial Board

กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไข
บทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร

The Editorial Board claims a right to review and
correct all articles submitted for publishing

Ultrastructure ของใบส้มที่เป็นโรค

Huanglongbing (Greening)

Ultrastructure of Citrus Leaves Infected by Huanglongbing (Greening) Disease

อรอุมา เรืองวงษ์^{1/} อังสนา อัครพิศาล^{2/} และ ชาตรี สิทธิกุล^{2/}

On-u-ma Ruangwong^{1/}, Angsana Akarapisan^{2/} and Chatree Sittigul^{2/}

Abstract: Observation of Huanglongbing; HLB (Greening) disease in Chiang Mai and Chiang Rai citrus orchards were found that diseased leaves shown vein yellowing, severe chlorosis with green main vein and yellow blotching, Sometime the symptom that resembles zinc deficiencies. Fruit is small and fall prematurely. Studying the ultrastructure of citrus HLB disease under transmission electron microscope (TEM), leaf samples were cut the midrib and prefixed with 2.5% glutaraldehyde in 0.1 M phosphate buffer. After a postfixation in 1 % osmium tetroxide then the samples were dehydrated in ethanol and acetone then embedded in Spurr's resin. Ultrathin section were prepared with ultramicrotome and stained with uranyl acetate, lead citrate and observed under TEM. Electron micrographs of ultrathin sections revealed that fastidious bacterium was found in the phloem cells or in adjacent phloem cells of the midribs of HLB symptom leaf but no pathogenic body in healthy leaf.

Keywords: Citrus Huanglongbing (Greening) disease, Transmission Electron Microscope (TEM)

^{1/}ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

^{2/}ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/}Plant Protection Center, Royal Project Foundation, Muang district, Chiang Mai 50200

^{2/}Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: การสำรวจโรค Huanglongbing; HLB (Greening) ในสวนส้มจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย อาการของโรคพบว่าใบมีสีเหลืองซีดเส้นกลางใบและเส้นแขนงอาจมีสีเขียว หรือสีเขียวเฉพาะเส้นกลางใบ บางครั้งอาจมีอาการใบด่างเหลือง ผลส้มมีขนาดเล็กและร่วงก่อนสุก และจากการศึกษาทาง ultrastructure ของใบส้มที่เป็นโรคภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน โดยการใช้ใบที่แสดงอาการของโรคและใบปกติตัดเส้นกลางใบ แล้วนำมารักษาสภาพเนื้อเยื่อด้วย 2.5% glutaraldehyde ใน 0.1 M phosphate buffer และ 1 % osmium tetroxide ต่อด้วยการกำจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วย ethanol และ acetone แล้วหล่อบล็อกเนื้อเยื่อใน Spurr 's resin ทำการตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยเครื่อง Ultramicrotome ย้อมเนื้อเยื่อด้วย uranyl acetate และ lead citrate แล้วตรวจดูภายใต้กล้อง TEM พบลักษณะของเชื้อสาเหตุ fastidious bacterium ในบริเวณเซลล์ท่ออาหารและเซลล์ข้างเคียงจากใบที่เป็นโรค แต่ไม่พบเชื้อสาเหตุในเซลล์ท่ออาหารในใบส้มปกติ

คำสำคัญ: เสาวรส โรคแอนแทรคโนส แบคทีเรียบนผิวใบ

คำนำ

ส้ม (*Citrus* spp.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ทั่วโลกมีการผลิตส้มมากกว่าผลไม้ชนิดอื่น (Anonymous, 2001) และในประเทศไทยได้มีการเพิ่มพื้นที่ในการปลูกส้มอย่างมากโดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนบน แต่อุปสรรคในการทำสวนส้มคือโรค โดยเฉพาะโรค Huanglongbing; HLB (Greening) โดยจะเป็นกับส้มทุกพันธุ์ ส้มโอ มะนาวและมะกรูด ความรุนแรงของโรคขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ส้ม เช่น ส้มเขียวหวาน และส้มตราจะเป็นโรครุนแรงและเสียหายมากกว่าส้มโอและมะนาว (กองเกษตรสัมพันธ์, 2546) เชื้อสาเหตุที่พบคือเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (Gram negative) จัดอยู่ใน subdivision α -Proteobacteria (Timmer *et al.*, 2000) โดยพบเชื้อนี้อยู่เฉพาะในท่อลำเลียงอาหาร (phloem limited bacteria) และไม่สามารถเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (uncultured bacterium) จัดอยู่ในกลุ่ม *Candidatus* generic name *Liberobacter* (Murry and Schliefer, 1994) เชื้อสาเหตุมีสองชนิดคือ *Candidatus Liberobacter asiaticus* พบในแถบเอเชีย และ *Candidatus Liberobacter africanus* พบในแถบแอฟริกา (Su, 2001) การแพร่ระบาดโดยการติดตามทางกิ่ง ส่วนขยายพันธุ์ กิ่งตอนหรือกิ่งพันธุ์ และถ่ายทอดโดยแมลงพาหะ คือ เพลี้ยไก่แจ้ส้ม (psyllid) *Diaphorina citri* พบในแถบเอเชียและ *Trioza erytrae* พบในแถบแอฟริกา นอกจากนี้แมลงนี้ยังสามารถถ่ายทอดเชื้อไปยังรุ่นลูกได้ (Whiteside *et al.*, 1988)

การศึกษาลักษณะพื้นฐานของเชื้อสาเหตุโดย Su and Huang (1990) ในได้หวั่นได้ศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ศึกษาจากเพลี้ยไก่แจ้ส้มซึ่งเป็นแมลงพาหะและฝอยทอง นอกจากนี้ Ohtsu *et al.* (2002) ได้ศึกษาลักษณะของเชื้อจากพืชอาศัยแพงพวย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค HLB

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB ของส้มในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย และศึกษา ultrastructure ของใบส้มที่เป็นโรค HLB โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB

ทำการศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB ของส้มในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายจากสวนส้มใน อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ และสวนส้ม อ. เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย ที่ปลูกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (โชกุน) และเก็บตัวอย่างของใบที่แสดงอาการมาประมาณ 50-60 ใบ/ต้น เพื่อใช้ในการศึกษาสาเหตุโรค

การศึกษา ultrastructure ของใบส้มที่แสดงอาการของโรค HLB

นำใบส้มที่แสดงอาการของโรคมาศึกษาทาง ultrastructure โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และการ

เตรียมตัวอย่างโดยดัดแปลงจากวิธีของ Su and Huang (1990) มีขั้นตอนดังนี้

1. นำใบที่แสดงอาการมาล้างให้สะอาด ตัดเส้นกลางใบ (midrib) ด้วยมีดที่ฆ่าเชื้อแล้วให้มีขนาดประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

2. ทำการรักษาสภาพเนื้อเยื่อ (prefixation) ของชิ้นพืช โดยนำมาแช่ในน้ำยารักษาสภาพ (prefixative solution) 2.5% glutaraldehyde ใน 0.1 M phosphate buffer เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงล้างออกด้วย phosphate buffer saline (PBS) จากนั้นทำการรักษาสภาพเนื้อเยื่อครั้งที่สองด้วย 1% osmium tetroxide นาน 2 ชั่วโมง แล้วจึงล้างออกด้วย PBS

3. ทำการกำจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (dehydration) ด้วย ethanol และ acetone โดยแช่ใน ethanol ที่มีความเข้มข้น 30, 50, 70, 90 และ 95% อย่างละ 1 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที และแช่ใน 100% แชน 2 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที จากนั้นแช่ใน acetone 2 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที

4. การหล่อบล็อกเนื้อเยื่อในเรซิน (embedding) โดยการให้สารเรซินแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อ (infiltration) โดยค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้นของเรซินใน acetone ตามลำดับ ดังนี้

- acetone : Spurr's resin (3 : 1) นาน 3-5 ชั่วโมง
- acetone : Spurr's resin (1 : 1) นาน 3-5 ชั่วโมง
- acetone : Spurr's resin (1 : 3) ทิ้งไว้ข้ามคืน

จากนั้นทำ pure resin นาน 3-5 ชั่วโมง ทำ 2 ครั้ง นำเรซินใส่ใน rubber mould ที่เป็นเบ้าหล่อบล็อกที่มีเบอร์บล็อก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมงเพื่อให้เรซินแข็งตัว (polymerization)

5. การตัดเนื้อเยื่อ (section) ในเรซินให้เป็นแผ่นบาง ๆ โดยเครื่องมือที่ใช้ตัดเรียกว่า Ultramicrotome (Reichert ultracut) โดยทำการตัดเนื้อเยื่อในเรซินให้มีความหนาประมาณ 0.5 ไมโครเมตร โดยใช้มีดกระจก (glass knife) แล้วนำไปตรวจดูภายใต้กล้อง light compound microscope เพื่อดูลักษณะของเนื้อเยื่อ แล้วจึงทำการ block trimming ในส่วนของเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการออกเหลือเฉพาะส่วนของเนื้อเยื่อที่สนใจและให้มีส่วนของเรซินน้อยที่สุด แล้วจึงตัดเนื้อเยื่ออีกครั้ง ให้มี

ความหนาประมาณ 80 นาโนเมตร แล้วเก็บ section นั้นด้วยกริดทองแดง (copper grid)

6. การย้อมแผ่นเนื้อเยื่อด้วยโลหะหนัก นำแผ่นเนื้อเยื่อที่อยู่บนกริดมาย้อมด้วยโลหะหนักด้วย uranyl acetate (saturated uranyl ใน 50% alcohol) นาน 45 นาที จากนั้นย้อมด้วย lead citrate ในภาชนะที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นาน 10 นาที

7. ตรวจดูลักษณะของเชื้อสาเหตุในบริเวณท่อนอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope; TEM) รุ่น Jeol Jem 1200 Ex

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB

จากการศึกษาอาการของโรค HLB ในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย อาการเริ่มแรกจะพบที่ใบยอดหรือใบอ่อน ใบมีสีเหลืองซีด เส้นกลางใบและเส้นแขนงอาจมีสีเขียว หรือสีเขียวเฉพาะเส้นกลางใบ หรืออาจมีอาการใบด่างเหลือง ใบมีลักษณะหนากว่าปกติ ใบมีขนาดเล็ก เรียว ยาว นอกจากนี้ปลายใบจะมีลักษณะตั้งขึ้น และอาจโค้งงอ (ภาพที่ 1) อาจพบอาการเพียงบางกิ่งหรือเป็นทั้งต้น ผลจะมีขนาดเล็กและร่วงก่อนสุก ถ้ามีอาการรุนแรง ลูกกลมทั่วต้นจะทำให้ต้นโทรมและตายในที่สุด (ภาพที่ 2) และจากการศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB บนใบพบว่า มีลักษณะอาการคล้ายกับอาการของโรคใบแก้วที่เกิดจากการขาดธาตุสังกะสี ซึ่งอาจทำให้แยกความแตกต่างได้ยากและเกิดการสับสนได้ง่าย

การศึกษา ultrastructure ของใบส้มที่แสดงอาการของโรค HLB

จากการศึกษาทาง ultrastructure ของใบส้มที่เป็นโรค พบเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคภายในบริเวณเซลล์ท่อนอาหารและบริเวณเซลล์ใกล้เคียงจากใบที่แสดงอาการ แต่ไม่พบลักษณะของเชื้อแบคทีเรียในใบส้มปกติ (ภาพที่ 3) การศึกษาครั้งนี้ตรงกับรายงานของ Su and Huang (1990) ที่ศึกษาในเพลี้ยไก่แจ้ส้มและในฝอยทอง และการ

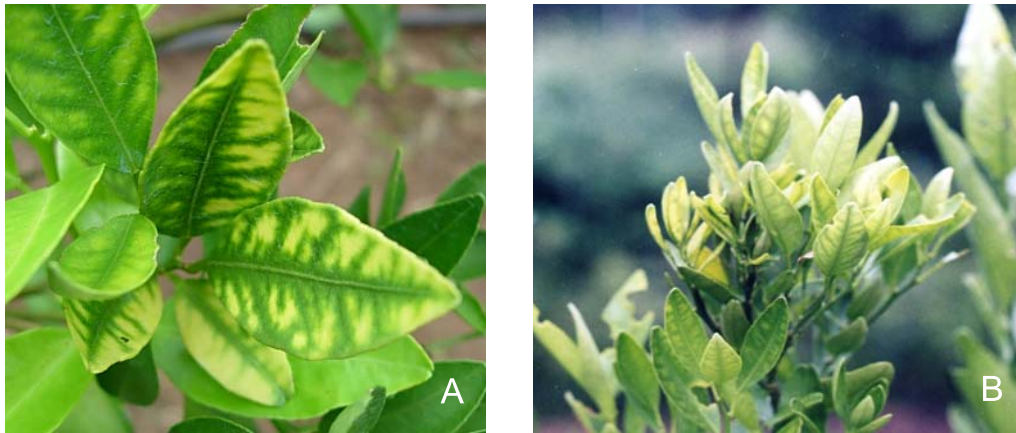


Figure 1 The leaf symptoms of citrus Huanglongbing disease.

A. severe chlorosis with green main vein

B. small leaves become hardened and curl out ward



Figure 2 The severe symptoms in citrus infected with Huanglongbing disease, showing stunting.

รายงานของ Ohtsu *et al.* (2002) ที่ศึกษาในต้นแพงพวย ซึ่งได้ผลสรุปคล้ายคลึงกัน

อย่างไรก็ตามแบบที่เรื้อยสาเหตุโรค HLB นี้เป็นแบบที่เรื้อยที่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ดังนั้นการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน (TEM) นี้จึงเป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษา ultrastructure ของใบส้มที่แสดงอาการโรค

HLB ได้ โดยสามารถแสดงถึงลักษณะสัณฐานของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค นอกจากนี้ในการตรวจวินิจฉัยโรค HLB ให้ได้ผลอย่างแน่นอนนั้นยังต้องอาศัยการวินิจฉัยด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลเข้ามาช่วยในการวินิจฉัย ซึ่งเป็นวิธีที่มีความไวและความจำเพาะสูงสามารถตรวจหาเชื้อสาเหตุและแม่นยำยิ่งขึ้น (Ruangwong and Akarapisan, 2006)

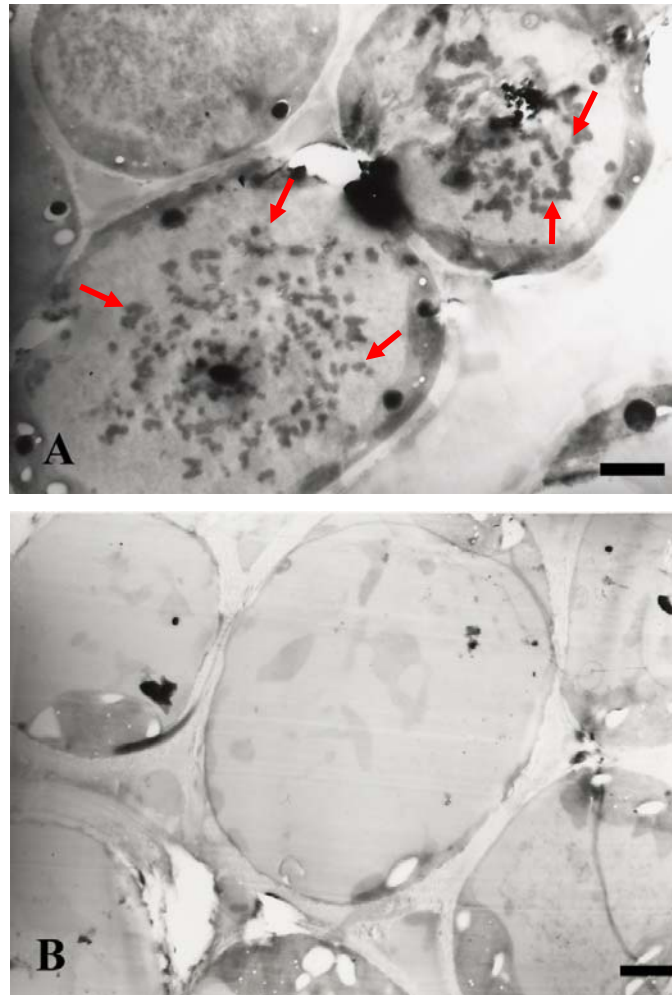


Figure 3 Electron micrographs showing the fastidious bacteria in phloem of infected citrus leaf which causes HLB disease (A); the phloem of healthy leaf (B); bar = 2 μ m

สรุป

การศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB ในสวนส้ม อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ และสวนส้ม อ. เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย ซึ่งเป็นพันธุ์สายน้ำผึ้ง (โชกุน) พบว่าส้มแสดงอาการของโรคที่คล้ายกันโดยแสดงอาการชัดเจนที่ใบและพบได้จากทั้งสองแหล่งที่ทำการศึกษานอกจากนี้ยังพบต้นที่แสดงอาการรุนแรงและตายในที่สุดในส่วนส้ม

อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ ซึ่งพบว่าการแพร่ระบาดของโรคมากและจากการศึกษา ultrastructure ของใบส้มที่แสดงอาการโรคโดยใช้กล้อง TEM และใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Su and Huang (1990) จากการสำรวจภายใต้กล้อง TEM นั้นพบลักษณะของเชื้อแบคทีเรียจากใบที่แสดงอาการของโรค โดยพบในบริเวณเซลล์ของท่ออาหารและเซลล์ใกล้เคียงเท่านั้น และจะไม่พบในเซลล์ของท่ออาหารจากใบส้มปกติ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการย่อยบัณฑิตศึกษา และวิจัย สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย รวมทั้งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กองเกษตรสัมพันธ์. 2546. ส้ม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://thaifarmer.oae.go.th/Agriinfo/crop/gsom/som.html> (16 มิถุนายน 2546).
- Anonymous. 2001. Food and Agricultural Organization Committee. (Online). Available: <http://www.fag.org/es/ESC/esce/cmr/cmmts/CMRCIRE.htm> (June 30, 2003).
- Murray, R.G.E. and K.H. Schleifer. 1994. Taxonomic notes: a proposal for recording the properties of putative taxa of procaryotes. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 44:174–176.
- Ohtsu, Y., M. Prommintara, S. Okuda, T. Goto, T. Kano, K. Nakashima, M. Koizumi, J. Imada and K. Kawashima. 2002. Partial purification of Thai isolate of citrus Huanglongbing (Greening) bacterium and antiserum production for serological diagnosis. *Journal of General Plant Pathology*. 68: 372-377.
- Ruangwong, O. and A. Akarapisan. 2006. Detection of *Candidatus Liberobacter asiaticus* causing citrus huanglongbing disease. *Journal of Agricultural Technology*. 2(1): 111-120.
- Su, H. –J. 2001. Citrus greening disease. (Online). Available: <http://www.agnet.org/library/article/tn2001002.html>. (March 26, 2003).
- Su, H. –J. and A.-L. Huang. 1990. The nature of likubin organism, life cycle morphology and possible strains. pp. 106-110. In: B. Aubert, S. Tontyaporn and D. Buangsuwon (eds.). *Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region. Proceedings of the Asia Pacific International Conference on Citriculture*, Chiang Mai.
- Timmer, L.W., S.M. Garnsey and J.H. Gerham (eds.). 2000. *Compendium of Citrus Disease*. 2nd ed. APS Press, St. Paul, Minnesota. 90 pp.
- Whiteside, J.O., S.M. Gernsey and L.W. Timmer (eds.). 1988. *Compendium of Citrus Disease*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 80 pp.

การไหลของน้ำในลำต้นและความต้านทานปากใบของต้นลำไย
ที่ได้รับน้ำแบบสลับข้างทีละครึ่งต้น
เปรียบเทียบกับแบบขาดแคลนน้ำ และได้รับน้ำเต็มที่

Sap Flow and Stomatal Resistance of Longan Trees Irrigated
with Partial Root-zone Drying
in Comparison with Deficit and Full Irrigation

วินัย วิริยะอลงกรณ์^{1/} และ สมชาย องค์ประเสริฐ^{2/}
Winai Wiriya-Alongkorn ^{1/} and Somchai Ongprasert²

Abstract: This research was aimed to study the sap flow and stomatal resistance of longan trees receiving different irrigation systems. It was done with 2.5 years longan trees grown with sand culture in a plastic house. After 3 month training of the trees with three irrigation methods, i.e., Full Irrigation 100 %, PRD 60 % and Deficit 60 %, sap flow and stomatal resistance were measured with heat pulse sap flow meter and porometer. It was found that the quantity of sap flow in the trees subjected to the three irrigation methods varied with the quantity of the irrigation. The highest rates of sap flow were found between 9 am to 3 pm. The sap flow in PRD 60 % was relatively equal to that of the Deficit 60 % method, but the stomatal resistance of the trees subjected to PRD 60 % method was lower than that of the Deficit 60 % method. Leaf flushing of the trees subjected PRD 60 % and Full Irrigation 100 % methods occurred in the same period and 3-4 week earlier than that off Deficit 60 % method. This implied that, therefore, water use efficiency of PRD 60 % was better than that of Deficit 60 % method.

Keywords: longan, partial root zone (PRD), stomatal resistance

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

^{2/} ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

^{2/} Department of Soil Resource and Environment, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไหลของน้ำในลำต้นและความต้านทานปากใบของต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบต่าง ๆ โดยศึกษากับต้นลำไยอายุ 2.5 ปี ที่ปลูกในกระถางทรายและเลี้ยงด้วยสารละลายธาตุอาหาร ในโรงเรือนพลาสติก ภายหลังจากให้ต้นลำไยได้ปรับตัวกับการให้น้ำ 3 แบบคือ ให้น้ำเต็มที (FI) 100 %, ให้น้ำแบบสลับข้างทีละครึ่งต้น (PRD 60 %) และ ขาดแคลน (DI) 60 % เป็นเวลา 3 เดือน จึงวัดการใช้น้ำด้วย Heat pulse sap flow meter และวัดความต้านทานปากใบโดย porometer พบว่าปริมาณการใช้น้ำของต้นลำไยที่ได้รับน้ำทั้ง 3 แบบผันแปรตามปริมาณน้ำที่ได้รับ โดยมีการใช้น้ำสูงที่สุดระหว่างเวลา 9 -15 นาฬิกา การใช้น้ำของต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ PRD 60 % ใกล้เคียงกับแบบขาดแคลน 60 % แต่มีความต้านทานปากใบน้อยกว่า ต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ PRD 60 % แตกใบอ่อนพร้อม ๆ กับต้นที่ได้รับน้ำเต็มที และเร็วกว่าที่ได้รับน้ำแบบขาดแคลน 60 % ประมาณ 3-4 สัปดาห์ ข้อมูลทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของการให้น้ำแบบ PRD 60 % สูงกว่าแบบขาดแคลน 60 %

คำสำคัญ: ลำไย ให้น้ำแบบสลับข้างทีละครึ่งต้น ความต้านทานของปากใบ

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรจำนวนมากได้ปรับโครงสร้างการเกษตรจากการปลูกพืชไร่มาปลูกไม้ผลกันมากขึ้น จะเห็นได้จากปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2549) จนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2550) มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกไม้ผลเพิ่มขึ้นอีก 12 ล้านไร่ จาก 26 ล้านไร่ใน พ.ศ. 2541 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550) ในจำนวนนี้ย่อมมีพื้นที่ปลูกไม้ผลส่วนหนึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำจำกัดหรือต้นทุนในการจัดหาที่สูง จึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีประหยัดน้ำและใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพขึ้นกว่าเดิม

การให้น้ำแบบสลับข้างทีละครึ่งต้น (Partial root-zone drying, PRD) เป็นวิธีการในการประหยัดน้ำชลประทานที่ใช้กันในไร่ของที่มีการปฏิบัติกันเป็นมาตรฐานแล้วในออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกา (Dry *et al.*, 2000; Gu *et al.*, 2000) โดยแต่ละครั้งที่ให้น้ำให้น้ำเพียงประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่ระบบราก และปล่อยให้พื้นที่อีกส่วนหนึ่งของระบบรากแห้ง ให้น้ำเช่นนั้นต่อเนื่องกัน 10-15 วัน จึงสลับไปให้อีกข้างหนึ่ง เชื่อกันว่าส่วนของระบบรากที่ขาดน้ำจะปลดปล่อยฮอร์โมน abscisic acid (ABA) มากขึ้น abscisic acid มีผลให้ปากใบปิด เมื่อมี abscisic acid ในเซลล์ปากใบมากขึ้น จะทำให้ความต้านทานภาวะเครียดของพืชทั้งต้นสูงขึ้น (Hartung *et al.*, 1998.) นอกจากการใช้น้ำอย่างประหยัดแล้ว ยังมีการทดลองกับท่อและแอปเปิลด้วย ผลดีที่สำคัญของวิธีการ คือการประหยัดน้ำชลประทาน ในสถานการณ์

บางประการ ประสิทธิภาพการใช้น้ำสามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าตัว (Dry *et al.*, 2000, Casperi *et al.*, 2002) การใช้วิธีการ PRD ร่วมกับระบบน้ำหยด ในสวนส้มสามารถประหยัดน้ำได้ถึง 80 % เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำทางผิวดินธรรมดา (Hutton, 2000) ผลดีอีกประการคือทำให้การเจริญเติบโตของกิ่งและใบลดลง ซึ่งมีผลทำให้ photo-assimilates ถูกส่งไปยังผลมากขึ้น (Mingo and Davies, 2001) และความถี่ของการตัดแต่งกิ่งลดลงอย่างมาก ผลเสียของ PRD มีเล็กน้อย คือทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 5 % หรือน้อยกว่า (Dry *et al.*, 2000)

ผลการศึกษาของคณะผู้วิจัยกับลำไยในสถานี (on-station research) พบว่าต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ PRD ที่ใช้น้ำเพียง 66 % มีผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพไม่ต่างจากที่ได้รับแบบ Full irrigation (FI) ซึ่งใช้น้ำ 100 % ของความต้องการน้ำของพืช แต่การให้น้ำแบบขาดแคลน (Deficit) ซึ่งใช้น้ำ 50 - 75 % ทำให้ผลผลิตลดลง (สมชาย และคณะ, 2550) ขณะเดียวกัน Satienperakul *et al.* (2006) ได้ศึกษาในสวนลำไยแบบ on-farm research ที่ทดลองกับต้นลำไย 200 ต้นได้ผลการทดลอง เช่นเดียวกันเช่นเดียวกันกับผลการทดลองในสถานีข้างต้น

การศึกษานี้เป็นการทดลองเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะความเครียดของน้ำในต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ PRD 60 % เปรียบเทียบกับการได้รับน้ำแบบ Full irrigation 100% และการได้รับน้ำแบบขาดแคลน (Deficit 60%)

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ต้นลำไยที่ปลูกในกระถางทรายมีขนาดลำต้นและขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน อายุ 2.5 ปี จำนวน 12 ต้น นำมาแบ่งรากเป็น 2 ส่วน แล้วปลูกในกระถางทรายคู่ 2 กระถาง เลี้ยงด้วยสารละลายธาตุอาหาร เพื่อให้ลำไยปรับตัวและเจริญเติบโตในกระถางทรายคู่เป็นเวลา 6 เดือน ในโรงเรือนพลาสติก จากนั้นเริ่มให้น้ำ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 Full irrigation (FI100 %) ซึ่งให้น้ำ 3 ลิตร/ต้น/วัน โดยแบ่งให้กระถางละ 1.5 ลิตร แบบที่ 2 Partial root-zone drying (PRD60 %) ซึ่งให้น้ำ 1.8 ลิตร/ต้น/วัน โดยให้น้ำทั้ง 1.8 ลิตรกับกระถางหนึ่งทุกวันติดต่อกัน 4 วัน และปล่อยให้กระถางอีกข้างหนึ่งแห้งตลอด 4 วัน จากนั้นจึงสลับมาให้น้ำกับอีกกระถางหนึ่งและไม่ให้อีกกระถางหนึ่ง และแบบที่ 3 ให้น้ำแบบขาดแคลน Deficit irrigation (DI60 %) ซึ่งให้น้ำ 1.8 ลิตร/ต้น/วัน โดยให้น้ำทั้ง 2 กระถาง ๆ ละ 0.9 ลิตรทุกวัน การให้น้ำแต่ละแบบทำกับต้นลำไย 4 ต้น เป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นจึงเริ่มวัดความต้านทานของปากใบโดย porometer ในช่วงเวลา 11.00-12.00 น. ของวันเมื่อวันที่ 15 - 16 กรกฎาคม 2549 และวัดอัตราการไหลของน้ำในต้นโดยใช้เครื่อง Heat pulse sapflow meter ในวันเดียวกัน

เกณฑ์ให้น้ำ 3 ลิตร/ต้น/วัน สำหรับแบบที่ 1 Full irrigation (FI100 %) ได้มาจากการทดลองเบื้องต้น โดยการให้น้ำกับต้นลำไยขนาดเดียวกันที่ปลูกในกระถางเดี่ยว โดยให้น้ำวันละ 2 ครั้ง และชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน พบว่าในสภาพวันแดดดี ต้นลำไยใช้น้ำเฉลี่ย 2.8 ลิตรต่อวัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

ภาพที่ 1 แสดงอัตราการไหลของน้ำผ่านต้นลำไยเมื่อวันที่ 15 - 16 กรกฎาคม 2549 พบว่าการให้น้ำของต้นลำไยสอดคล้องกับปริมาณน้ำที่ได้รับ คือ ต้นลำไยที่ได้น้ำแบบที่ 1 FI100 % มีอัตราการไหลของน้ำมากที่สุด ขณะที่ต้นลำไยที่ได้น้ำแบบที่ 2 PRD60 % และแบบที่ 3 DI60 % มีอัตราการไหลของน้ำใกล้เคียงกันของ

น้ำเป็นไปตามปริมาณน้ำที่ได้รับคือถ้าได้รับมากก็จะมี การดึงดูดน้ำขึ้นไปมากแสดงถึงการคายน้ำออกไปแล้วดูดน้ำขึ้นไปทดแทนเพื่อไม่ให้พืชเกิดความเครียด สามารถเปรียบเทียบได้จากการวัดการปิดเปิดของปากใบของต้นที่ได้น้ำเต็มที่มีความต้านทานน้อยของปากใบน้อยกว่าที่ได้น้ำลด คือ PRD60 % และ DI60 % ตามลำดับ ซึ่งการไหลของน้ำในต้นลำไยนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ สายัณห์ และคณะ (2546) โดยพบว่าการไหลของน้ำในรอบวันของเงาะ และลองกองเป็นไปทำนองเดียวกัน ซึ่งในแต่ละวันต้นลำไยที่ได้น้ำทั้ง 3 แบบมีการใช้น้ำสูงสุดระหว่างเวลา 9 - 15 น. ซึ่งมีช่วงแสงขณะทำการทดลองอยู่ระหว่าง 199.9 - 314.6 micromole/cm²/s ซึ่งเป็นช่วงที่สภาพอากาศร้อนเหมาะแก่การศึกษาการใช้น้ำและค่าความต้านทานของปากใบ (รุ่งเรือง, 2537; และเจษฎา และคณะ, 2538)

ภาพที่ 2 แสดงค่าความต้านทานปากใบเมื่อวันที่ 15 - 16 กรกฎาคม 2549 เมื่อเวลา 11.00 - 12.00 น. ในทั้ง 2 วันที่วัดความต้านทานปาก ต้นลำไยที่ได้น้ำแบบ FI100 % มีค่าความต้านทานของปากใบระหว่าง 0.7 - 1.78 วินาทีต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด ส่วนต้นลำไยที่ได้น้ำแบบ PRD60 % มีค่าความต้านทานของปากใบระหว่าง 1.46 - 2.75 วินาทีต่อตารางเซนติเมตร ขณะที่ต้นลำไยที่ได้น้ำแบบ DI60 % มีค่าความต้านทานของปากใบระหว่าง 2.14 - 3.29 วินาทีต่อตารางเซนติเมตร ทั้ง ๆ การให้น้ำทั้ง 2 แบบนี้ให้น้ำปริมาณเท่ากัน สอดคล้องกับงานทดลองของ Sdoodee and Wongwongaree (2002) พบว่าต้นลองกองที่ได้น้ำน้อยจะมีการปิดปากใบลงเรื่อย ๆ เช่นเดียวกัน อนึ่งพบว่าระยะแตกใบอ่อนของต้นลำไยที่ได้น้ำแบบ PRD60 % ใกล้เคียงต้นลำไยที่ได้น้ำแบบ FI100 % และแตกใบอ่อนได้เร็วกว่าการได้น้ำแบบ DI60 % เป็นเวลา 3 - 4 สัปดาห์

แสดงให้เห็นว่าต้นลำไยที่ได้น้ำแบบ PRD60 % มีประสิทธิภาพการใช้น้ำดีกว่า จึงทำให้เกิดความเครียดของสถานะน้ำในใบน้อยกว่า และมีผลให้มีการเติบโตดีกว่าการได้น้ำแบบ DI60 %

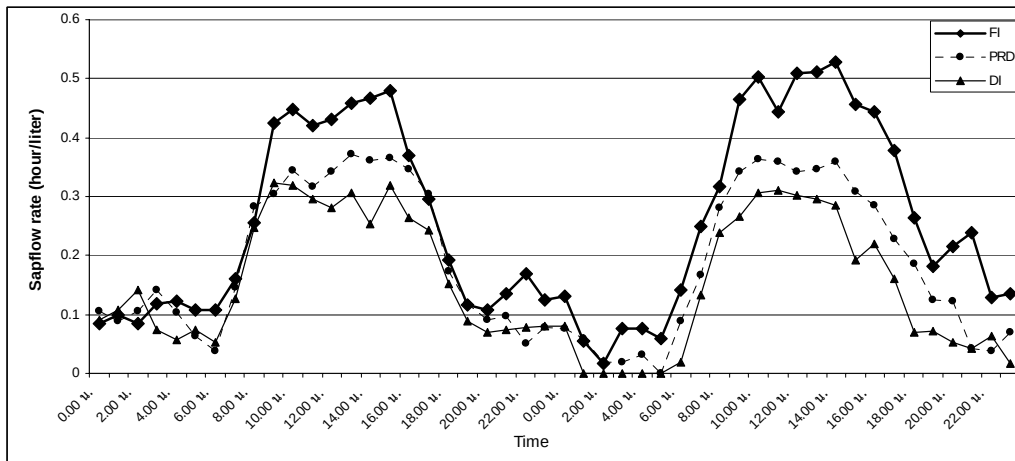


Figure 1 Transpiration steam in stems of longan trees on 15-16 July 2006.

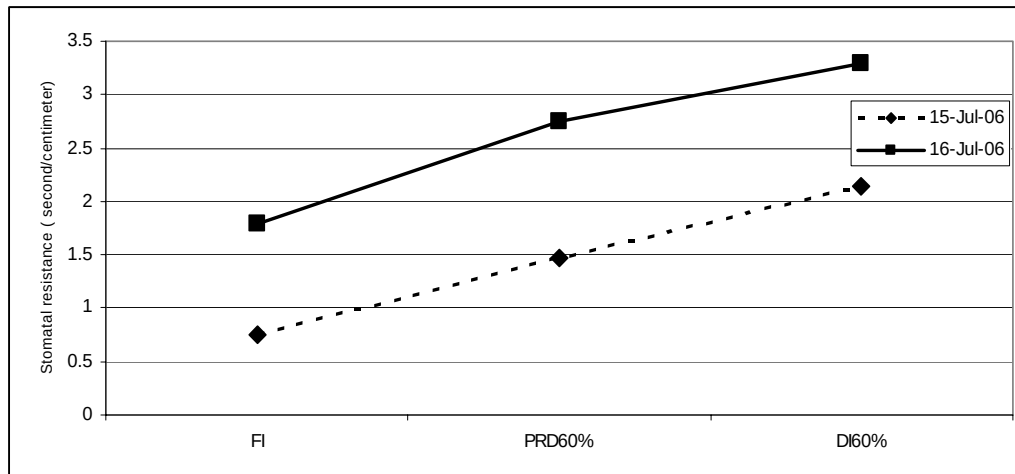


Figure 2 Stomatal resistance of longan leaves.

สรุปผลการทดลอง

จากการการไหลของน้ำผ่านลำต้นและความต้านทานของปากใบทำให้ได้ข้อมูลว่า การให้น้ำแบบ DI60 % ทำให้ต้นลำไยมีความเครียดของน้ำในใบมากกว่าการให้น้ำแบบ PRD60 % ทั้งที่ใช้น้ำเท่ากัน ต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ DI60 % จึงเติบโตช้ากว่า แม้การให้น้ำแบบ PRD60 % จะทำให้ต้นลำไยมีความเครียดของน้ำในใบมากกว่าการให้น้ำแบบ FI100 % บ้าง แต่ก็มีผลเติบโต (แตกใบอ่อน) ใกล้เคียงกัน การทดลองเบื้องต้นนี้จึงเป็น

การยืนยันผลการทดลองในสถานีและในสวนเกษตรกรที่พบว่า การให้น้ำแบบ PRD60 % ไม่ทำให้ผลผลิตลำไยลดลงทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ เมื่อเทียบกับการให้น้ำแบบเต็มที่ 100 %

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ การให้น้ำชลประทานและปัญหาในระบบน้ำโดยสปริงเกลอร์สำหรับสวนลำไยในที่ดอน ซึ่งได้รับทุนการสนับสนุนจาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และได้รับ
อนุเคราะห์เครื่องมือทางสถิติจาก The Upland
Program ประเทศเยอรมนี

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550. ระบบสารสนเทศการผลิต
ทางด้านการเกษตร. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล:
<http://production.doae.go.th> (18 พฤศจิกายน
2550)

สมชาย องค์ประเสริฐ วินัย วิริยะอลงกรณ์ เสกสันต์
อุสสหทานนท์ และสุพจน์ เอี่ยมบุญขร. 2550.
การให้น้ำชลประทานและปัญหาระบบน้ำโดย
สปริงเกอร์สำหรับสวนลำไยในที่ดินดอน. รายงาน
วิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

สายัณห์ สดุดี นารี ว่องวงศ์อารี และวิชฌนีย์ ออม
ทรัพย์สิน. 2546. การวัดการใช้น้ำของต้นเงาะ
และลองกอง ในช่วงการพัฒนารูปแบบการปลูกโดย
วิธีพัลส์ความร้อน. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(1): 9-17.

เจษฎา เหลืองแจ่ม มานพ ตันตะเตมีย์ และรุ่งเรือง
เลิศศิริวรกุล. 2538. การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิสบนพื้นที่ดินเค็มบ้านดงบัง
อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์. หน้า 33-47.
ใน: รายงานการประชุมการป่าไม้แห่งชาติ. 20-
24 พฤศจิกายน 2538. มหาวิทยาลัย เกษตร
ศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2537. การวัดปริมาณน้ำที่พืชใช้เพื่อ
วางแผนการปลูกพืชไร่ระดับน้ำใต้ดินเค็ม
พื้นที่จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ประเทศไทย. หน้า 217-240. ใน: รายงานการ
ประชุมวิชาการเรื่อง “เทคโนโลยีกับการพัฒนา
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” 19-20 สิงหาคม
2537. ณ โรงแรมโฆษะ, ขอนแก่น.

Casper, H.W., T. Einhorn, S. Neal, P. Alspach, B.G.
Leib, L. Lombardini, J.R. McFerson. 2002
Irrigation volumes rather than placement
determines response of apple trees to water

deficit irrigation. In: Proceedings of the
XXVIth International Horticultural Congress
and Exhibition (IHC2002), August 11 – 17
Toronto, Canada.

Dry, P. R., B. R. Loveys, M. Stoll, D. Steward and M.
G. McCarthy. 2000. Partial root zone
drying – an update, Australian Grapegrower
and Winemaker. 438a: 35-39.

Gu, S.L., Z. David, J. Greg. 2000. Effect of partial
root zone drying on vine water relation,
vegetative growth, mineral nutrition, yield
and fruit quality in field-grown mature
sauvignon blanc grape vines. Research
Notes, # 000702. Fresno: California
Agriculture Technology Institute, California
State University.

Hartung, W., S. Wilkinson and W.J. Davies, 1998.
Factors that regulate abscisic acid
concentrations at the primary site of action
at the guard cell. Journal of Experimental
Botany 49: 361-367.

Hutton, R. 2000. Improving the water use efficiency
of citrus at Yanco Agricultural Institute,
Farmers' Newsletter Horticulture.184 : 47 – 49.

Mingo, D. and W.J. Davies. 2001. New irrigation
methods to increase water and nutrient use
efficiency. Proceedings of the International
Fertilizer Society No.468. York, United
Kingdom.

Satienperakul, K., W. Spreer, W. Wiriya-alongkorn,
S. Ongprasert and J. Mueller. 2006.
Economic assessment of water saving
irrigation methods in longan production in
Northern Thailand. In: Proceedings of
Deutscher Tropentag “Prosperity and
Poverty in a Globalized World – Challenges
for Agricultural Research”. October 11 - 13,
2006, University of Bonn, Germany.

Sdoodee, S. and N. Wongwongaree, 2002.
Assessment of the effect of water deficit on
sap flow of longkong trees by using heat-
pulse method. Songklanakarin J. Sci.
Technol. 24(2): 189-195.

ผลของน้ำตาลซูโครสต่อการเจริญเติบโตและการสร้างหัว ในสภาพหลอดแก้วของกล้วยไม้ดินนางอ้วสาคริก

Effect of Sucrose on Growth and *In Vitro* Tuberization of *Pecteilis sagarikii* Seidenf.

ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย^{1/} และ พิมพใจ อามาวัชรุตม์^{1/}

Theeraphon Phornsawatchai^{1/} and Pimchai Apavatjirut^{1/}

Abstract: Effect of sucrose concentrations on growth and *in vitro* tuberization of *Pecteilis sagarikii* Seidenf. was investigated. Protocorms derived from *in vitro* seed germination were transferred onto CMU1 medium adding sucrose concentration at 0, 1, 2, 3, 5 and 7 % (w/v). It was found that increasing sucrose concentrations has no significant effect on shoot height and number of leaf per plant, but resulting in slow leaf growth and expansion, also decreasing in leaf size. For tuber formation, it started within one week after culturing. The highest concentration of sucrose at 7 % affected in slow tuberization and decreased in tuberization percentage. Increasing sucrose concentration has no significant positive effect on number of tuber per plant, but resulting in significant decrease in tuber size. The tuber grew well and produced the biggest size when cultured on the medium adding 1 % sucrose. Sucrose concentration has no pronounced significant effect on number of root, root width and root length.

Keywords: *Pecteilis sagarikii*, tuberization, sucrose, *in vitro*

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสที่มีต่อการเจริญเติบโต และการสร้างหัวในสภาพปลอดแก้วของกล้วยไม้ดินนางอ้วสาคริก โดยการนำโปรโตคอร์มที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ มาเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร CMU1 ที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 5 และ 7 % พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความสูงของต้นและจำนวนใบต่อต้น แต่มีผลให้ใบอ่อนมีการเจริญเติบโตและกางแผ่ใบออกช้าลง รวมถึงทำให้ใบมีขนาดเล็กลง ส่วนการสร้างหัวพบว่า เริ่มเกิดขึ้นภายหลังจากการเลี้ยง 1 สัปดาห์ โดยความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงถึง 7 % ส่งผลให้มีการสร้างหัวช้าและมีเปอร์เซ็นต์ลดลง และความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงขึ้นไม่มีผลทางบวกต่อจำนวนหัวต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทำให้หัวมีขนาดเล็กลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าหัวมีการเจริญเติบโตดีและมีขนาดใหญ่ที่สุดในอาหารที่เติมน้ำตาล 1 % ส่วนการเกิดรากพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลไม่มีผลต่อจำนวน ความกว้าง และความยาวของราก อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: นางอ้วสาคริก การสร้างหัว น้ำตาลซูโครส ในสภาพปลอดแก้ว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งกำเนิดกล้วยไม้ที่มีความหลากหลายมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก (Nanakorn and Indhamusika, 2000) กล้วยไม้ดินเป็นกล้วยไม้กลุ่มหนึ่งที่มีความหลากหลายของรูปร่างต้น ใบ และดอก ไม่น้อยไปกว่ากล้วยไม้ในกลุ่มอื่น จึงมีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาและส่งเสริมให้มีการปลูกเลี้ยงกันเพิ่มมากขึ้น นางอ้วสาคริก (*Pecteilis sagarikii* Seidenf.) เป็นกล้วยไม้ดินที่พบขึ้นเฉพาะในประเทศไทย มีลำต้นเหนือดินสั้น ๆ ใบมีรูปร่างรีกว้างหรือรูปรีแกมขอบขนานมี 3 – 4 ใบ เรียงตัวเวียนรอบลำต้นแผ่ออกขนานกับพื้นดิน ช่อดอกเป็นแบบ raceme มีดอกย่อย 6 – 12 ดอก กลีบดอกมีสีขาว ส่วนกลีบปากมีสีเหลืองตรงโคนกลีบ ดอกมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ หัวมีรูปร่างกลมรี เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลอ่อน (Seidenfaden, 1973; ออบจันทร์, 2544) เป็นกล้วยไม้ดินที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาและใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น การปลูกเป็นไม้กระถาง มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในสภาพปลอดแก้ว ของกล้วยไม้ดินหลายชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในเขตนานาว (Rasmussen, 1995) สำหรับกล้วยไม้ดินที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนได้มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตในสภาพปลอดแก้วของกล้วยไม้ดินชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ท้าวคูคู (Apavatjirut and Phomsawatchai, 1995) ท้าวคูคูดอก

เล็ก (มัลลิกา และพิมพ์ใจ, 2548) และลินมังกร (นิพาพร, 2542; ปิยะนุช และพิมพ์ใจ, 2547) การศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และการสร้างหัวในสภาพปลอดแก้วของกล้วยไม้ดินที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศ จะทำให้สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมให้มีการเจริญเติบโตได้ตามต้องการ และเพื่อการขยายพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาลักษณะอาการของโรค HLB

ใช้โปรโตคอร์มที่ได้จากการเพาะเมล็ดอ่อนจากฝักอายุ 7 สัปดาห์หลังการผสมเกสร บนอาหารสังเคราะห์สูตร CMU1 ซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went (1949) ดัดแปลง ธาตุอาหารรองและสารละลายเหล็กตามสูตร Murashige and Skoog (1962) และอินทรีย์สารสูตร 1 (ธีรพล, 2535) ที่เติมน้ำมะพร้าว 15 % และน้ำตาล 2 % เก็บไว้ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเลี้ยงโปรโตคอร์มบนอาหารสังเคราะห์สูตร CMU1 ที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 5 และ 7 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) รวม 6 กรรมวิธี ทำกรรมวิธีละ 20 ชำ นำไปเลี้ยงบนชั้นที่จัดให้ได้รับแสง $2.78 \mu\text{mole/m}^2/\text{s}$ นาน 16 ชั่วโมง/วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วเพิ่มพลังงานแสง

ขึ้นเป็น 27.8 $\mu\text{mole/m}^2/\text{s}$ นาน 16 ชั่วโมง/วัน จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

บันทึกการเจริญเติบโตของต้นอ่อน การเกิดหัว และการเกิดราก

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโตทางต้นและใบ

หลังจากย้ายโปรโตคอร์มมาเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ และเริ่มให้ได้รับความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้นนั้น พบว่า ต้นอ่อนเริ่มมีสีเขียวขึ้นในส่วนของใบอ่อนทั้งที่ยังอยู่ภายในกาบหุ้มใบ และเริ่มทยอยแทงใบอ่อนจนโผล่พ้นกาบหุ้มใบเพื่อกางแผ่ใบออกตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 1 โดยมีจำนวนต้นเมื่อคิดเป็นร้อยละเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่ไม่เติมน้ำตาลซูโครส และอาหารที่เติมน้ำตาล 1 % มีการเจริญเติบโตและการกางออกของแผ่นใบเร็วกว่าต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นสูงขึ้น โดยต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่เติมน้ำตาล 7 % มีการเจริญเติบโตและการกางแผ่ใบออกช้าที่สุด (ตารางที่ 1)

หลังจากการเลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ทดสอบไม่ส่งผลให้ความสูง และจำนวนใบของต้นอ่อนที่เจริญเติบโตขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลส่งผลให้ขนาดใบของต้นอ่อนมีความแตกต่างกันโดยความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่ม

ขึ้นส่งผลให้ใบมีขนาดเล็กลง โดยใบมีความกว้างน้อยที่สุดเมื่อเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่เติมน้ำตาล 7 % ขณะที่มีความกว้างของใบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 0 ถึง 5 % ส่วนความยาวของใบพบว่า ต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาล 1 % มีความยาวของใบมากที่สุด และเมื่อเติมน้ำตาลความเข้มข้นตั้งแต่ 2 ถึง 7 % ส่งผลให้ใบมีความยาวลดลง โดยต้นอ่อนมีขนาดของใบใหญ่ที่สุดเมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 1 % ดังแสดงค่าในตารางที่ 2

การสร้างหัว และการเจริญเติบโตของหัว

หลังจากย้ายโปรโตคอร์มมาเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าต้นอ่อนที่เจริญเติบโตบนอาหารที่เติมน้ำตาล 3 % เริ่มสร้างหัวตั้งแต่สัปดาห์แรกหลังจากการเลี้ยง โดยเริ่มสังเกตเห็นเป็นจุดกำเนิดหัวแทงโผล่พ้นออกมาจากด้านตรงข้ามโปรโตคอร์มที่บริเวณรอยต่อของโปรโตคอร์มกับส่วนฐานของต้น ส่วนต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นอื่น เริ่มสังเกตเห็นได้หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยต้นอ่อนทยอยสร้างหัวเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มาจนกระทั่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองหลังจากการเลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์พบว่า ต้นอ่อนส่วนใหญ่สามารถสร้างหัวได้เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 0 ถึง 5 % ส่วนต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นสูงสุดที่ 7 % มีอัตราการสร้างหัวช้าลง และมีเปอร์เซ็นต์การสร้างหัวต่ำกว่าที่ได้จากกรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 3)

Table 1 Effect of sucrose concentration on leaf-emerging percentage of *Pecteilis sagarikii* seedlings during culturing for ten weeks.

Sucrose (%)	Time after culturing (weeks)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	30	80	95	100	100	100	100	100	100	100
1	35	80	90	100	100	100	100	100	100	100
2	10	40	75	95	100	100	100	100	100	100
3	15	15	90	100	100	100	100	100	100	100
5	15	30	65	80	85	85	95	100	100	100
7	5	10	15	45	60	70	85	95	95	100

Table 2 Effect of sucrose concentrations on shoot height, number of leaf and leaf size of *Pecteilis sagarikii* seedlings after culturing for ten weeks.

Sucrose (%)	Shoot height (mm)	No. of leaf	Leaf width (mm) ^{1/}	Leaf length (mm) ^{1/}
0	3.4 ± 0.6	1.7 ± 0.5	4.1 ± 1.4 a	7.9 ± 2.0 ab
1	3.2 ± 0.5	1.6 ± 0.6	4.1 ± 1.1 a	9.0 ± 3.4 a
2	3.4 ± 0.5	1.6 ± 0.5	3.7 ± 1.2 a	6.8 ± 2.1 bc
3	3.0 ± 0.6	1.7 ± 0.5	3.3 ± 1.2 a	6.0 ± 2.8 c
5	3.3 ± 0.4	1.5 ± 0.5	3.3 ± 1.5 a	5.6 ± 3.0 c
7	3.2 ± 0.5	1.5 ± 0.5	2.0 ± 1.2 b	3.2 ± 1.7 d
LSD _{0.05}	NS	NS	0.8	1.6

^{1/} Means within the same column followed by different characters showed significantly different by LSD-test at $P \leq 0.05$, NS = not significantly different

Table 3 Effect of sucrose concentration on tuberization percentage of *Pecteilis sagarikii* seedlings during culturing for ten weeks.

Sucrose (%)	Time after culturing (weeks)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	20	30	50	70	70	75	90	90	90
1	0	15	35	80	85	90	90	90	95	95
2	0	15	30	50	65	75	80	80	80	80
3	10	20	20	50	65	85	90	95	95	95
5	0	15	50	60	70	75	80	80	90	90
7	0	10	15	35	35	50	55	60	70	75

ส่วนการเจริญเติบโตของหัวพบว่าหัวเจริญเติบโตในแนวตั้งและด้านตัวลงในอาหาร โดยที่ในระยะแรก ๆ มีการเพิ่มขึ้นของความยาวมากกว่าการขยายความกว้างของหัว จนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 7 จึงเริ่มพบการขยายความกว้างของหัว ในต้นที่มีการเจริญเติบโตของหัว จนกระทั่งมีความยาวพอสมควร การขยายความกว้างของหัวนี้สามารถพบได้ 2 แบบคือ 1) แบบที่มีการขยายขนาดเฉพาะส่วนปลายของหัวทำให้มีลักษณะเป็นตุ่มอย่างชัดเจน และ 2) แบบที่มีการขยายขนาดเพิ่มมากขึ้นตลอดความยาวหัวทำให้มีลักษณะคล้ายกระบอก ต่อมาในสัปดาห์ที่ 9 พบว่าต้นอ่อนบางต้นเริ่มสร้างหัวใหม่ขึ้นอีก โดยเริ่มเจริญออกมาจากบริเวณด้านข้างของหัวแรก หรือจากบริเวณเดียวกับที่หัวแรกยื่นออกมาโดยต้นให้กำเนิด

หัวเดิมเกิดรอยปลีออก จากนั้นจุดเจริญจะเติบโตขึ้นเป็นก้อนเนื้อเยื่อที่มีลักษณะคล้ายโปรโตคอร์มซึ่งเห็นปลายยอดอ่อนได้ชัดเจน แล้วจึงเริ่มมีการเจริญเติบโตของหัวใหม่ตามมา (ภาพที่ 1)

หลังจากการเลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์พบว่าต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่เติมน้ำตาลในทุกระดับที่ทดสอบมีการสร้างหัวเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.8 ± 0.5 ถึง 1.1 ± 0.6 หัว/ต้น อย่างไรก็ตามพบว่าการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่างกันส่งผลให้หัวมีขนาดแตกต่างกัน โดยความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงขึ้นส่งผลต่อความยาวของหัวมากกว่าความกว้างของหัว กล่าวคือการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 5 % ไม่ส่งผลให้หัวมีความกว้าง

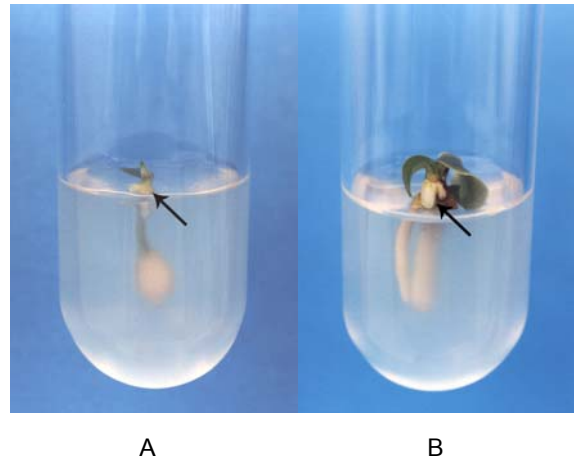


Figure 1 *Pecteilis sagarikii* seedlings showed two different shapes of tuber and shoot growing point of new tuber (arrow), oval-shape tuber (A) and cylindrical-shape tuber (B)

ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่หัวเริ่มเล็กลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมน้ำตาล 7 % ขณะที่ความยาวของหัวเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมน้ำตาลตั้งแต่ 2 % ขึ้นไป และมีความยาวน้อยที่สุดเมื่อเติมน้ำตาลที่ 7 % จากการ

ทดลองครั้งนี้โดยภาพรวมพบว่า ต้นอ่อนสามารถสร้างหัวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 1 % โดยมีความกว้างและความยาวของหัวเฉลี่ย 2.7 ± 1.3 มม และ 12.5 ± 6.3 มม ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 2)

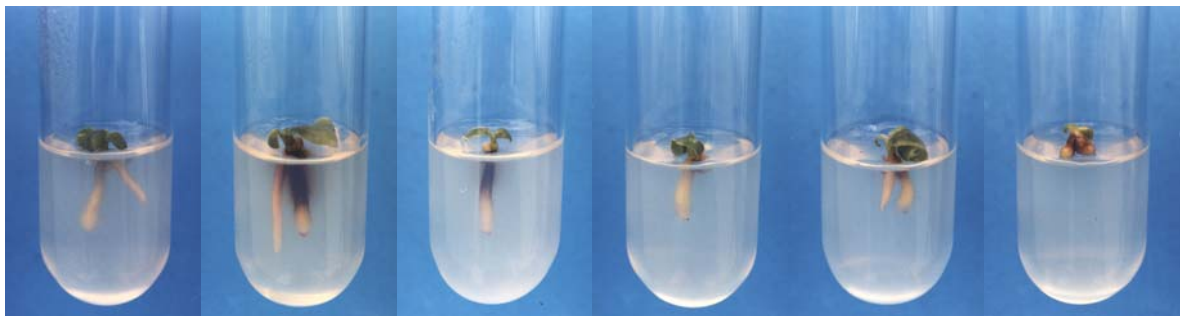


Figure 2 *Pecteilis sagarikii* seedlings cultured on CMU1 medium with different sucrose concentrations at 0, 1, 2, 3, 5 and 7 % (w/v) for 10 weeks. (from left to right)

Table 4 Effect of sucrose concentration on number of tuber and tuber size of *Pecteilis sagarikii* seedlings after culturing for ten weeks.

Sucrose (%)	No. of tuber/plant	Tuber width (mm) ^{1/}	Tuber length (mm) ^{1/}
0	1.1 ± 0.6	2.2 ± 1.3 a	10.3 ± 5.9 ab
1	1.0 ± 0.3	2.7 ± 1.3 a	12.5 ± 6.3 a
2	1.0 ± 0.7	2.0 ± 1.3 ab	8.0 ± 5.5 b
3	1.0 ± 0.3	2.2 ± 1.1 a	8.3 ± 4.4 b
5	0.9 ± 0.3	2.3 ± 1.2 a	7.3 ± 4.6 b
7	0.8 ± 0.5	1.3 ± 1.2 b	3.4 ± 4.0 c
LSD _{0.05}	NS	0.8	3.2

^{1/} Means within the same column followed by different characters showed significantly different by LSD-test at $P \leq 0.05$, NS = not significantly different

การเกิดราก และการเจริญเติบโตของราก

หลังจากต้นอ่อนเจริญเติบโตบนอาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ นาน 1 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 3 % เริ่มออกรากได้ก่อน หลังจากนั้นต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาลตั้งแต่ 0 ถึง 5 % ออกรากเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ขณะที่ต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 7 % ออกรากได้ช้าและมีเปอร์เซ็นต์การออกรากต่ำลง โดยหลังจากเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ ต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่

เติมน้ำตาลตั้งแต่ 0 ถึง 5 % ออกรากได้ 45 – 55 % และออกรากได้เพียง 30 % เมื่อเติมน้ำตาล 7 % (ตารางที่ 5)

อย่างไรก็ตามไม่พบว่าการเติมน้ำตาลในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบส่งผลให้ต้นอ่อนมีจำนวนรากเฉลี่ยต่อต้น ความกว้างและความยาวเฉลี่ยของรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าการเติมน้ำตาล 7 % ทำให้รากมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด โดยมีความยาวเฉลี่ยของรากน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 6)

Table 5 Effect of sucrose concentration on rooting percentage of *Pecteilis sagarikii* seedlings during culturing for ten weeks.

Sucrose (%)	Time after culturing (weeks)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	25	25	35	40	40	40	40	40	45
1	0	30	40	50	50	50	50	50	50	50
2	0	25	45	45	55	55	55	55	55	55
3	5	25	30	40	40	40	45	45	45	45
5	0	20	30	45	50	50	50	50	50	55
7	0	0	10	20	20	20	20	20	20	30

Table 6 Effect of sucrose concentration on number of root, root width and root length of *Pecteilis sagarikii* seedlings after culturing for ten weeks.

Sucrose (%)	No. of root/plant	Root width (mm)	Root length (mm)
0	0.5 ± 0.5	0.5 ± 0.6	3.5 ± 4.7
1	0.6 ± 0.6	0.6 ± 0.6	4.7 ± 5.6
2	0.6 ± 0.5	0.7 ± 0.7	4.6 ± 5.8
3	0.5 ± 0.5	0.6 ± 0.8	4.2 ± 6.8
5	0.6 ± 0.5	0.6 ± 0.6	3.7 ± 4.5
7	0.3 ± 0.5	0.3 ± 0.5	0.5 ± 0.9
LSD _{0.05}	NS	NS	NS

วิจารณ์

จากการทดลองพบว่าต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลซูโครสและอาหารที่เติมน้ำตาล 1 % มีการเจริญเติบโตและกางแผ่นใบออกได้เร็วกว่าต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นสูงขึ้น โดยต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่เติมน้ำตาล 7 % มีการเจริญเติบโตและการกางออกของแผ่นใบช้าที่สุด รวมถึงความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มสูงขึ้นยังส่งผลให้แผ่นใบมีขนาดเล็กลง โดยความกว้างของใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมน้ำตาล 7 % ขณะที่ความยาวของใบเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมน้ำตาลตั้งแต่ 2 % ขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากระดับน้ำตาลในอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้มีค่าแรงดันออสโมติกสูงขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการผ่านเข้าออกของน้ำและสารอาหารต่าง ๆ สู่ต้นอ่อน นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันออสโมติกในเนื้อเยื่อ (ธีรพล, 2535) ทำให้ต้นอ่อนมีกระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีเกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่ จึงมีผลต่อการสร้างอวัยวะต่าง ๆ และส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืชตามมา ส่วนต้นอ่อนที่เลี้ยงบนอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลซึ่งพบว่าสามารถเจริญเติบโตและสร้างใบได้ไม่แตกต่างจากที่พบในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาล 1 - 2 % นั้น เนื่องจากจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าภายในเนื้อเยื่อโปรโตคอร์มของต้นอ่อนที่นำมาทดสอบมีอาหารที่เก็บสะสมในรูปของเม็ดแป้งซึ่งสามารถย่อยมาเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

ต่อไปได้ รวมทั้งในอาหารที่ใช้เลี้ยงยังเติมน้ำมะพร้าวซึ่งมีน้ำตาล และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ช่วยในการเจริญเติบโตเป็นส่วนประกอบ (Arditti and Ernst, 1992) นอกจากนี้แผ่นใบที่กางออกยังทำให้ต้นอ่อนสามารถสังเคราะห์แสงได้ในระดับหนึ่งเพื่อสร้างน้ำตาลขึ้นได้เช่นกัน จึงส่งผลให้ต้นอ่อนได้รับสารคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้เป็นพลังงานในการเจริญเติบโตได้ตามปกติ

ส่วนการสร้างหัวพบว่าต้นอ่อนสามารถสร้างหัวได้เมื่อใช้ทุกความเข้มข้นของน้ำตาลที่ทดสอบ แต่เมื่อเติมน้ำตาลความเข้มข้นสูงถึง 7 % พบว่าเริ่มส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนที่สร้างหัวได้ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของหัวให้มีขนาดเล็กลงโดยมีผลต่อความยาวหัวมากกว่าความกว้างของหัว ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างหัวเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ตามขั้นตอนการเจริญเติบโตตามธรรมชาติเพื่อเตรียมเก็บอาหารสะสมไว้ในฤดูกาลที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นต้นอ่อนจึงสร้างหัวได้ในทุกระดับน้ำตาลที่ทดสอบ แต่ในอาหารที่เติมน้ำตาล 7 % ทำให้เกิดค่าแรงดันออสโมติกที่ไม่เหมาะสม จึงอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการสร้างอวัยวะต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนที่สร้างหัวได้ลดลง นอกจากนี้ค่าแรงดันออสโมติกที่ไม่เหมาะสมยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ในกระบวนการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ ส่งผลให้โดยภาพรวมมีการเจริญเติบโตของหัวโดยเฉพาะความยาวของหัวที่ลดลง

อย่างชัดเจนอีกด้วย ส่วนการเจริญเติบโตของหัวซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างของรูปทรงหัวนั้นน่าจะมีสาเหตุมาจาก ความสมดุลของสารกระตุ้นการเจริญเติบโตที่มีอยู่ภายใน ต้นอ่อนและสารกระตุ้นการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินที่ ได้รับจากอาหารซึ่งเติมน้ำมะพร้าว จึงทำให้มีการแบ่ง เซลล์ที่แตกต่างไปจากสภาพธรรมชาติ นอกจากนี้ยัง พบว่ามีการสร้างหัวซึ่งมีลักษณะแตกต่างไปจากหัวแรก ขึ้นอีกในสัปดาห์ที่ 9 นั้น อาจเป็นเพราะหลังจากที่หัวแรก เจริญเติบโตมากพอสมควร และสภาพต่างๆ ของการเลี้ยง รวมทั้งสารอาหารและสารกระตุ้นการเจริญเติบโตต่าง ๆ ยังมีอยู่อย่างเพียงพอที่จะส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตได้ ต่อไป จึงเกิดการพัฒนาของจุดเจริญขึ้นและมีการสร้างหัว ตามมา แทนกระบวนการที่ต้นอ่อนจะต้องเข้าสู่การพักตัว ตามขั้นตอนในธรรมชาติ ซึ่ง Rasmussen (1995) กล่าวว่าการศึกษาถึงพัฒนาการของการเกิดอวัยวะต่าง ๆ ใน กล้วยไม้ดินในสภาพปลูกเลี้ยงมีข้อดีที่สามารถควบคุม สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ แต่การศึกษา ในสภาพนี้อาจส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตและการ พัฒนาของอวัยวะต่าง ๆ ขึ้นรวดเร็วกว่าในสภาพธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในสภาพปลอดเชื้อซึ่งอาจทำ ให้ผลของการพัฒนาของอวัยวะต่าง ๆ ผันแปรไปตามสาร กระตุ้นการเจริญเติบโตที่เติมลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงได้

ค่าแรงดันออสโมติกที่ไม่เหมาะสมซึ่งเกิดจาก การเติมน้ำตาลความเข้มข้นสูงถึง 7 % นี้ยังส่งผลให้ต้น อ่อนออกรากได้ช้าและลดลง แม้จะไม่ส่งผลให้มีการ เจริญเติบโตของรากแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญก็ตาม แต่ก็ มีแนวโน้มให้ต้นอ่อนมีความยาวเฉลี่ยของรากที่ลดลง

สรุป

ต้นอ่อนกล้วยไม้ดินนางอ้วสาคริกมีการ เจริญเติบโตทางต้นและใบ รวมถึงการสร้างหัวและการ เจริญเติบโตของหัว ได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงบนอาหาร สังเคราะห์สูตร CMU1 ที่เติมน้ำตาล 1 % (น้ำหนัก/ ปริมาตร)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์บริการการพัฒนขยายพันธุ์ไม้ ดอกไม้ผลบ้านไร่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้การ สนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย. 2535. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการงอก และการพัฒนาโปรโตคอร์มของรองเท้านารี เหลืองปราจีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 160 หน้า.
- นิภาพร ชัยทนต์. 2542. การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสม สำหรับการเพาะเมล็ดและการพัฒนาต้นอ่อน ของกล้วยไม้ดินลั่นมังกรและนางอ้วสาคริก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 60 หน้า.
- ปิยะนุช ปิยะตระกูล และพิมพ์ใจ อาภาวัชรุทธิ์. 2547. ผลของอายุฝักต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดิน ลั่นมังกรในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารเกษตร 20(3): 230-235.
- มัลลิกา นวลแก้ว และพิมพ์ใจ อาภาวัชรุทธิ์. 2548. ผล ของซูโครสและน้ำมะพร้าวต่อการเจริญเติบโต ของกล้วยไม้ดินท้าวคูลูดอกเล็ก. วารสารเกษตร 21(2): 91-97.
- อบฉันท์ ไทยทอง. 2544. กล้วยไม้เมืองไทย. สำนักพิมพ์ บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 461 หน้า.
- Apavatjrit, P. and T. Phornsawatchai. 1995. A study on *Brachycorythis helferi* (Rchb.F.) Summ. seed germination and protocorm development. Paper presented at the Fifth Asia Pacific Orchid Conference Program and Abstracts. March 11-12, 1995. Fukuoka, Japan.

- Arditti, J. and R. Ernst. 1992. Micropropagation of Orchids. John Wiley & Sons Inc., New York. 682 pp.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Pl.* 15: 473-497.
- Nanakorn, W. and S. Indhamusika. 2000. Queen Sirikit Botanic Garden. Vol.6 O.S. Printing House, Bangkok. 291 pp.
- Rasmussen, H.N. 1995. Terrestrial Orchids: From Seed to Mycotrophic Plant. Cambridge University Press, Cambridge. 444 pp.
- Seidenfaden, G. 1973. Contributions to the Orchid Flora of Thailand V. *Botanisk Tidsskrift* 68: 41-95.
- Vacin, E.F. and F.W. Went. 1949. Some pH Changes in Nutrients Solutions. *Bot. Gaz.* 110: 605-613.
-

ผลของไนโตรเจนและเหล็กคีเลตต่อการเจริญเติบโตของ ผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบเทคนิค การให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากเป็นฟิล์มบาง

Effects of Nitrogen and Ferric Chelate on Growth of Chinese Cabbage in Nutrient Film Technique-Hydroponic System

ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย^{1/} หทัย กฤษดาพานิชย์^{2/} และ ไสระยา ร่วมรังษี^{2/}
Theeraphon Phornsawatchai^{1/}, Hathai Kidsadawanich^{2/} and Soraya Ruamrungsri^{2/}

Abstract: Effects of nitrogen and ferric chelate concentrations on growth of Chinese cabbage (*Brassica compestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson cv. Daitokyobekana 6083) in NFT-hydroponics system were studied. It was found that nitrogen concentrations at 100, 150 and 200 mg/l had no significant effects on numbers of leaf per plant but increasing nitrogen concentration gave significant increase in leaf size, stem size, plant height and fresh weight. The ferric chelate concentrations at 2.6 and 10.0 mg/l had no effect on plant growth. In addition, the tested plant did not show leaf chlorosis symptom and gave higher chlorophyll content than controlled plant. However, the plant grew in 200 mg/l nitrogen solution showed brown wound on leaf petiole due to cell lysis. After growing for 5 weeks, the plant showed high quality product when grew on TP2 nutrient solution comprising 150 mg/l nitrogen and 2.6 mg/l ferric chelate.

Keywords: nitrogen, ferric chelate, growth, Chinese cabbage, hydroponics system

^{1/}ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

^{2/}ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/}Plant Protection Center, Royal Project Foundation, Muang district, Chiang Mai 50200

^{2/}Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของไนโตรเจนและเหล็กคีเลตต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson cv. Daitokyobekana 6083) ในระบบไฮโดรโพนิคแบบ NFT พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ 100, 150 และ 200 มก./ล. ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนใบของต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น แต่การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนส่งผลให้มีขนาดของใบ ขนาดลำต้น ความสูง และน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น ขณะที่เหล็กคีเลตความเข้มข้น 2.6 และ 10.0 มก./ล. ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้ต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นที่ทดสอบไม่ปรากฏอาการใบซีดจางเหมือนที่พบในต้นจากชุดควบคุม โดยพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นที่ปลูกในสารละลายที่มีไนโตรเจนความเข้มข้น 200 มก./ล. จะมีรอยแผลสีน้ำตาลบริเวณก้านใบซึ่งเกิดจากการแตกของเซลล์ชั้นผิว จากการปลูกเลี้ยงนาน 5 สัปดาห์ พบว่าสามารถปลูกต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีโดยใช้สารละลายสูตร TP2 ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 มก./ล. และเหล็กคีเลต 2.6 มก./ล.

คำสำคัญ: ไนโตรเจน, เหล็กคีเลต, การเจริญเติบโต, ผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น, ระบบไฮโดรโพนิคส์

คำนำ

ผักกาดขาวปลี เป็นผักที่มีสารอาหารมากมาย ที่สำคัญคือมีแคลเซียมและวิตามินซีในปริมาณสูง เป็นผักที่ให้เส้นใยมากชนิดหนึ่ง จึงช่วยในระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย และช่วยกำจัดอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากการเกษตรในปัจจุบันมีการใช้สารควบคุมและกำจัดศัตรูพืชมากมาย ผักกาดขาวปลีจึงเป็นผักที่มีสารพิษตกค้างมากที่สุดชนิดหนึ่ง (สมาคมคนน่ารัก, 2549; ปิยวรรณ, 2549) การปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิคซึ่งสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ในการปลูกเลี้ยงได้ จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งในการผลิตพืชผักต่าง ๆ ที่มีผู้นิยมบริโภคกันมากให้มีความสะอาดและปลอดภัย ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาในผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นยังพบว่าผักที่ปลูกได้ยังมีอาการใบซีดจาง จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อหาส่วนผสมของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยง เพื่อให้ได้ผักที่มีคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมสุ่มสมบูรณ์จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ ไนโตรเจน 3 ระดับ คือ 100, 150 และ 200 มก./ล. และเหล็กคีเลต 2 ระดับ คือ 2.6 และ 10.0 มก./ล. รวม 6 กรรมวิธี ทำกรรมวิธีละ 20 ซ้ำ (ต้น)

เปรียบเทียบกับสารละลายสูตรเดิม คือ CMU 1 โดยมีส่วนประกอบของสารเคมีในสารละลายสูตรต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีสัดส่วนของธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 2

เพาะเมล็ดผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นลงในถ้วยเพาะเมล็ด โดยใช้ทรายผสมถ่านแกลบในอัตราส่วน 1 : 1 หลังจากเมล็ดงอก 1 สัปดาห์ ย้ายด้วยเพาะลงปลูกในระบบอนุบาล โดยให้พืชเริ่มได้รับสารละลายธาตุอาหารตามสูตรต่าง ๆ ที่ลดความเข้มข้นลงครึ่งสูตร เมื่อพืชมีอายุ 3 สัปดาห์ จึงย้ายด้วยเพาะลงสู่ระบบปลูก และให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นเต็มสูตร

ทำการบันทึกผลการทดลองในแต่ละสัปดาห์โดยการบันทึก

1. การเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบ ขนาดของใบและลำต้น ความสูง และน้ำหนักสด (เมื่อสิ้นสุดการทดลอง)

2. คุณภาพของต้นโดยการบันทึกอาการผิดปกติต่าง ๆ ได้แก่ การเกิดแผลสีน้ำตาล และอาการใบซีดจาง ร่วมกับการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (Witham *et al.*, 1971)

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

แบ่งต้นในแต่ละกรรมวิธีออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ซ้ำ ใช้ cork borer No. 5 เจาะแผ่นใบจากบริเวณปลายและบริเวณสองข้างของเส้นกลางใบ รวม 3 ตำแหน่ง ของ

Table 1 Compositions of chemicals in various solutions.

Macro elements (g/100 l)	Treatment						CMU1 (control)
	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	
NH ₄ NO ₃	28.6	43.0	57.2	28.6	43.0	57.2	-
CaCl ₂ ·H ₂ O	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	-
KCl	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	-
KH ₂ PO ₄	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	13.6
MgSO ₄ ·7H ₂ O	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	28.0
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	-	-	-	-	-	-	62.0
KNO ₃	-	-	-	-	-	-	48.0
Ciba Librel Fe-Lo	2.0	2.0	2.0	7.5	7.5	7.5	2.0
Micro elements (g/100 l) consist of ZnSO ₄ ·7H ₂ O 0.55, CuSO ₄ ·5H ₂ O 0.55, MnSO ₄ ·H ₂ O 1.40, H ₃ BO ₄ 0.55 and (NH ₄) ₂ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O 0.30							

Table 2 Compositions of major elements (mg/l) in various solutions.

Treatment	N	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ ratio	P	K	Ca	Mg	FeEDTA
TP1 – TP6	100, 150, 200	1	50	100	50	50	2.6, 10.0
CMU1 (control)	140	Present only NO ₃ ⁻	71	270	147	47	2.6

ใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ รวมทั้งสิ้น 15 ชิ้นส่วน/กลุ่ม นำไปชั่งน้ำหนักสด จากนั้นเติมอะซิโตนเข้มข้น 80 % ปริมาตร 10 มล. เก็บไว้ในที่มืด 1 คืน นำชิ้นส่วนพืชออก แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มก./ก. น้ำหนักสด)} = \frac{[20.2 A_{645} + 8.02 A_{663}] V(\text{ml})}{1000 \times W(\text{g})}$$

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น

จากการทดลองปลูกเลี้ยงต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นโดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์พบว่า ระดับความเข้มข้นของ

ไนโตรเจนที่ทดสอบไม่ส่งผลต่อจำนวนใบต่อต้นของผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น แต่ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้มีความกว้างและความยาวของใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความสูง และน้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 200 มก./ล. ทำให้ต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นมีความกว้างและความยาวของใบ รวมถึงขนาดของลำต้นใหญ่ที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 17.1±1.5, 31.6±2.7 และ 4.0±0.5 ซม. ตามลำดับ ส่วนความสูงและน้ำหนักสดมีค่ามากที่สุดเมื่อได้รับไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 200 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.0±2.7 ซม. และ 119.6±36.1 กรัม/ต้น ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 150 มก./ล. สำหรับความเข้มข้นของเหล็กคีเลตในระดับที่ทดสอบ พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 1)

Table 3 Main effects of nitrogen and ferric chelate on growth of Chinese cabbage cv. Daitokyobekana 6083.

Factor	Number of leaf/plant	Leaf width (cm) ^{1/}	Leaf length (cm) ^{1/}	Plant diameter (cm) ^{1/}	Plant height (cm) ^{1/}	Fresh weight (g/plant) ^{1/}
N (mg/l)						
100	13.5±1.0	15.4±1.0 b	29.2±2.8 c	3.6±0.4 b	30.0±2.3 b	99.3±22.6 b
150	13.8±1.2	15.8±1.2 b	30.4±2.3 b	3.7±0.4 b	31.4±2.1 a	109.3±23.8 ab
200	13.3±1.2	17.1±1.5 a	31.6±2.7 a	4.0±0.5 a	32.0±2.7 a	119.6±36.1 a
LSD.05	NS	0.56	1.15	0.19	1.04	12.6
FeEDTA (mg/l)						
2.6	13.4±1.1	16.1±1.4	30.4±2.8	3.8±0.5	31.1±2.7	107.4±27.0
10.0	13.7±1.2	16.1±1.5	30.5±2.7	3.8±0.5	31.2±2.3	111.4±31.2
LSD.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{1/}Means within the same column in each of factor followed by the different character showed the significant difference between treatments by LSD-test at $P \leq .05$, NS= no significantly different

2. คุณภาพของต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น

หลังจากการปลูกเลี้ยงต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นบางส่วนจะเริ่มปรากฏแผลสีน้ำตาลขึ้นบริเวณเส้นกลางใบ โดยจะมีอาการเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา จากการศึกษาพบว่า การเกิดแผลสีน้ำตาลนี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไนโตรเจนและเหล็กคีเลท โดยจะพบอาการนี้เฉพาะในต้นผักกาดขาวปลีที่ได้รับไนโตรเจนที่ 200 มก./ล. และจะมีอาการเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับเหล็กคีเลทที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2A)

นอกจากนี้ยังพบอาการผิดปกติในการสร้างเม็ดสีของใบ โดยแสดงอาการใบซีดจาง (chlorosis) ในต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร CMU1 โดยเริ่มพบอาการดังกล่าวหลังจากปลูกนาน 3 สัปดาห์ เมื่อนำตัวอย่างใบมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร CMU1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด คือ 0.24 ± 0.02 มก./ก.น้ำหนักสด ส่วนต้นที่ได้รับไนโตรเจน 100 มก./ล. ร่วมกับเหล็กคีเลท 2.6 มก./ล. มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 0.42 ± 0.04 มก./ก.น้ำหนักสด แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจน 150 มก./ล. ร่วม

กับเหล็กคีเลท 2.6 มก./ล. ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.37 ± 0.03 มก./ก.น้ำหนักสด (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2B)

วิจารณ์

ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เพิ่มสูงขึ้นมีอิทธิพลทำให้ขนาดของใบและลำต้น รวมถึงความสูงและน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีญี่ปุ่นเพิ่มมากขึ้น แต่ระดับไนโตรเจนที่ความเข้มข้นที่ 200 มก./ล. กลับส่งผลให้มีคุณภาพลดลง โดยทำให้เกิดแผลสีน้ำตาลขึ้นบริเวณก้านใบ ซึ่งทำให้ผักดูไม่น่ารับประทาน ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโปรตีน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ โคเอนไซม์ และฮอร์โมนบางชนิดที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช (สมบุญ, 2544) เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนสูงขึ้น จะทำให้คาร์โบไฮเดรตถูกเปลี่ยนไปสร้างเป็นโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโปรโตพลาสซึมมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่จะนำไปใช้ในการสร้างเซลลูโลสมีไม่เพียงพอ จึงทำให้ผนังเซลล์บางลง ในขณะเดียวกันเซลล์จะมีขนาดใหญ่และอวบขึ้น เนื่องจากการสร้าง

Table 4 Effects of nitrogen and ferric chelate on plant quality of Chinese cabbage cv. Daitokyobekana 6083.

Nutrient formula	Nitrogen (mg/l)	FeEDTA (mg/l)	Percentage area of brown wound	Percentage area of leaf chlorosis	Chlorophyll content (mg/g FW) ^{1/}
TP1	100		0 ± 0	0 ± 0	0.42 ± 0.04 a
TP2	150	2.6	0 ± 0	0 ± 0	0.37 ± 0.03 ab
TP3	200		10.3 ± 17.7	0 ± 0	0.31 ± 0.03 b
TP4	100		0 ± 0	0 ± 0	0.35 ± 0.02 b
TP5	150	10.0	0 ± 0	0 ± 0	0.36 ± 0.08 b
TP6	200		35.5 ± 24.3	0 ± 0	0.36 ± 0.01 b
CMU1 (control)			0 ± 0	23.0 ± 15.3	0.24 ± 0.02 c
LSD.05					0.058

^{1/} Means within the same column followed by the different character showed the significant difference between treatments by LSD-test at $P \leq .05$



Figure 2 Disorder symptoms in Chinese cabbage, A. brown wound and B. leaf chlorosis.

โปรโตพลาสซึมมากขึ้น (มุกดา, 2544) รวมทั้งอาจมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอจึงทำให้ผนังเซลล์เปราะและแตกง่ายเกิดเป็นแผลขึ้น จากนั้นพืชจะสร้างสารฟีนอลขึ้นบริเวณบาดแผล ซึ่งสารนี้จะถูกออกซิเดชันโดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสให้เป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาลต่อไป (Marschner, 1989) นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของเหล็กที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชแสดงอาการแผลสีน้ำตาลมาก

ขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะเหล็กที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มส่งเสริมให้พืชมีน้ำหนักรากเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีขนาดของใบและต้นไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) จึงน่าจะทำให้เซลล์พืชมีลักษณะอวบน้ำมากขึ้น และง่ายต่อการเกิดการแตกของเซลล์ จากการที่พบว่าความเข้มข้นของเหล็กคีเลตที่ทดสอบในสารละลายสูตรต่าง ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและไม่ปรากฏอาการใบซีดจางเหมือนที่พบในต้นจากชุด

ควบคุม โดยพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าชุดควบคุม นั้น เมื่อพิจารณาระดับของไนโตรเจนในชุดทดสอบที่ ความเข้มข้น 100 และ 150 มก./ล. เปรียบเทียบกับ ไนโตรเจนในชุดควบคุม ซึ่งมีความเข้มข้น 140 มก./ล. ใน สารละลายที่มีความเข้มข้นของเหล็กคือ 2.6 มก./ล. เท่ากัน พบว่าไนโตรเจนทั้งสองระดับในชุดทดสอบแม้จะมี ความเข้มข้น 100 มก./ล. ก็ไม่ส่งผลให้พืชแสดงอาการใบ ชีดจางเหมือนที่พบในชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะใน ชุดทดสอบมีสัดส่วนของไนโตรเจนที่พืชดูดไปใช้ได้ทั้งใน รูป ไนเตรท (NO_3^-) และ แอมโมเนียม (NH_4^+) ในขณะที่ชุด ควบคุมมีไนเตรทเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 2) ซึ่งการนำ ไนเตรทไปใช้ต้องผ่านกระบวนการรีดักชันเป็น แอมโมเนียมก่อนเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึมขั้นต่อไป ได้ (ยงยุทธ, 2546) จึงทำให้พืชมีปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในได้ดีกว่า จึงทำให้ไม่พบอาการใบชีดจางในต้นชุด ทดสอบเลย

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าของไนโตรเจนและเหล็กคือเพื่อ การเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีที่ปลูกพบว่า สารละลายที่ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ สารละลาย ธาตุอาหารสูตร TP2 ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 มก./ล. และเหล็กคือ 2.6 มก./ล.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณแดนสรวง น้อยคำ และ คุณ เบญจพร อินตะ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และให้ความ ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- ปิยวรรณ คงสาคร. 2549. สารพิษปนเปื้อนในอาหาร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.tei.or.th/PliBai/th_plibai45_1_2.htm (21 สิงหาคม 2549).
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 344 หน้า.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.
- สมาคมคนน่ารัก. 2549. ผักกาดขาว : เจ้าแห่งเส้นใย อาหารใจ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.khonnaruk.com/html/verandah/herb/h_240.html (21 สิงหาคม 2549).
- Marschner, H. 1989. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. Academic Press, London. 674 pp.
- Witham, F. M., D. F. Blaydes and R.M. Devlin. 1971. Experimentals in Plant Physiology. D. Van Nostrand Co., New York. 245 pp.

การปรับปรุงพันธุ์พริกเผ็ดระหว่าง

Capsicum annuum x *C. chinense*

Hot Pepper Breeding Between

Capsicum annuum x *C. chinense*

พัฒนา ภาสอน^{1/} ลำไย โกวิทยากร^{1/} ถาวร โกวิทยากร^{1/} และ ศรีสมพร ปรีเปรม^{2/}
Pattana Pasom^{1/}, Lumyai Kowittayakorn^{1/}, Thaworn Kowittayakorn^{1/} and Srisomporn Preeprame^{2/}

Abstract: Hot pepper breeding program to increase the capsaicinoids content for pharmaceutical and food industry was carried out by crossing 3 varieties of *Capsicum annuum* [Jinda (JD), Maepong (BP) and Siam Hot (SH)] with 2 varieties of *C. chinense* [French Habanero (FH) and Mexican Habanero (MH)]. The mating design was a half-diallel (method 4 model 1). The crossing between these 2 species were successful with most of varieties except for BP x FH. A Randomized Complete Block Design with 14 treatments and 3 replications was employed for the progeny test in Khon Kaen Province during October 2005 - April 2006. Capsaicinoids content of progeny was recorded between 2,473-19,846 ppm/g whereas those for the parents were in the range of 2,257-11,917 ppm/g and the heterosis (MP) value of capsaicinoids was -2.30 % to 73.96 %.

Keywords: hot pepper, breeding, capsaicinoids, habanero

บทคัดย่อ: การปรับปรุงพันธุ์พริกเผ็ดเพื่อเพิ่มปริมาณสาร capsaicinoids ในพริกให้สูงขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมยาและอุตสาหกรรมอาหาร โดยการผสมข้ามระหว่างพริกเผ็ดของไทย 3 พันธุ์ (*Capsicum annuum*) ได้แก่ จินดา (JD) แม่โป่ง (BP) และ สยามฮอต (SH) กับ *C. chinense* 2 พันธุ์ ได้แก่ France Habanero (FH) และ Mexican Habanero (MH) โดยใช้แผนการผสมแบบ half-diallel (method 4 model 1) พบว่าสามารถผสมข้ามได้ทุกคู่ ยกเว้น BP x FH ที่ผสมไม่ติด แล้วทำการทดสอบลูกผสมตามแผนการทดลองแบบ RCBD มี 14 treatment 3 ซ้ำ ในจังหวัดขอนแก่น ช่วง ต.ค. 2548 – เม.ย. 2549 พบว่าลูกผสมมีปริมาณสาร capsaicinoids อยู่ระหว่าง 2,473-19,846 ppm/g ขณะที่พ่อแม่มีค่าอยู่ระหว่าง 2,257-11,917 ppm/g มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (MP) ระหว่าง -2.30 % ถึง 73.96 %

คำสำคัญ: พริกเผ็ด, ปรับปรุงพันธุ์, แคปไซซินอยด์, ฮาบานีโร

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

^{2/} ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์และเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

^{2/} Department of Pharmaceutical Botany and Pharmacognosy, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

คำนำ

สารสำคัญที่พบในพริกคือ capsaicin ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ความเผ็ดเป็นสารที่มีมูลค่าสูง พันธ์พริกของไทยมี capsaicin ประมาณ 2,000 - 3,000 ppm/g ส่วนพริกที่มี capsaicin สูงเช่น Habanero มีประมาณ 13,000 - 20,000 ppm/g (Zewdie and Bosland, 2000) ในตลาดโลกต้องการ capsaicin และ oleoresins oil ปีละ 12,000 ตัน และต้องการเพิ่มปีละ 15 - 20 % ประเทศจีนเป็นประเทศที่มีส่วนแบ่งตลาด capsaicin และ oleoresins oil มากที่สุดคือ ประมาณ 50 % รองลงมาคือ อินเดีย 25 % (Nair, 2005) ส่วนแบ่งตลาด capsaicin และ oleoresin oil ยังมีอีกมากสำหรับประเทศไทย การใช้พันธุ์พริกที่มีปริมาณ capsaicin สูงเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิต capsaicin จะมีความคุ้มค่ามากกว่าการใช้พริกที่มีปริมาณ capsaicin ต่ำ ดังนั้นการสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมให้กับประชากรพริกจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมและสนับสนุนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างพันธุ์พริกเผ็ดที่มีปริมาณ capsaicin ให้สูงขึ้นเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตและเป็นประโยชน์ต่อการแข่งขันในภาคเกษตรกรรมในยุคการค้าเสรี

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้พันธุ์พริก *Capsicum annum* 3 พันธุ์ ได้แก่ พริกจินดา (JD), พริกแม่โปง (BP) และ พริกสยามฮอท (SH), *C. chinense* 2 พันธุ์ ได้แก่ French Habanero (FH) และ Mexican Habanero (MH) ทำการผสมตัวเองจนได้ชั่วที่ 6 ใช้แผนการผสมแบบ half-diallel (method 4 model 1) ตามวิธีการของ Griffing (1956) ทดสอบลูกผสมตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 20 ต้น ระยะปลูก 60 x 80 เซนติเมตร ในจังหวัดขอนแก่น (ต.ค. 48-เม.ย.49) เก็บผลผลิต 4 ครั้ง การวิเคราะห์ปริมาณ capsaicinoids โดยประยุกต์ใช้วิธีการของ Collins *et al.* (1995) คำนวณปริมาณสาร capsaicinoids ตามวิธีการของ ASTA (1985) ดังนี้ $Capsaicinoids (ppm) = \frac{[(พื้นที่ที่ไดักราฟของ capsaicin + (0.82)(พื้นที่ที่ไดักราฟของ dihydrocapsaicin)](ความเข้มข้นของ standard(ppm)) (ปริมาตรของ acetonitrile (ml))]}{[พื้นที่ที่ไดักราฟทั้งหมดของ capsaicin standard)(น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง(g))]$, $Capsaicinoids / ไร่ = \frac{(\text{ปริมาตร Acetonitrile} \times \text{ปริมาณ capsaicinoids (mg)})}{1000} \times \text{น้ำหนักแห้งต่อต้น} \times \text{จำนวนต้นต่อพื้นที่}$, $Heterosis \% (MP) = \frac{[(F_1 - MP)]}{MP} \times 100$ วิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Statistic Version 8.

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการผสมข้ามแบบ half-diallel มีลูกผสมทั้งหมด 10 คู่ แต่สามารถผสมข้ามได้เพียง 9 คู่ ในคู่ของ BP x FH ไม่สามารถผสมข้ามได้ ซึ่งพยายามทำการผสมถึง 2 ฤดูปลูก อาจเป็นผลมาจากความสามารถในการผสมข้ามระหว่าง *C. annum* x *C. chinense* มีความสามารถผสมข้ามได้เพียง 65 % (มณฑล, 2531 อ้างโดย สุชีลา, 2546) อย่างไรก็ตามการผสมข้ามระหว่าง BP กับ FH สามารถทำได้โดยการใช้พันธุ์ที่เป็นสะพานเชื่อม (bridge material) เช่น JD หรือ SH เป็นสายพันธุ์สะพานเชื่อมในการผสมข้ามได้

ลักษณะของลูกผสมที่เกิดจาก *C. annum* x *C. annum*, *C. annum* x *C. chinense* และ *C. chinense* x *C. chinense* ให้ผลที่มีสีแดงทั้งหมด ซึ่ง MH x FH ที่มีผลเป็นสีเหลืองทั้งคู่กลับให้ลูกที่มีผลเป็นสีแดง (ภาพที่ 1B) อาจเป็นผลมาจากการทำงานของ enzyme Ccs ที่ควบคุมการสร้าง capsurobin และ capsanthin เป็นสารสีแดง มี genotype เป็น (Y⁺y) และ enzyme Psy ที่ควบคุมการสร้างสารตั้งต้นในการสร้าง carotene ที่เป็นสารสีเหลือง มี genotype เป็น (C2⁺c2) Thorup *et al.* (2000) อธิบายการแสดงออกของสีผลในพริกขึ้นอยู่กับปริมาณสารสี (pigment) และมีเฉพาะ genotype ของ Ccs และ Psy เป็น Y⁺C2⁺ เท่านั้นที่จะให้ผลสีแดง ในคู่ของ MH x FH

จำนวนดอกและการติดผลพบว่าลูกผสมที่เกิดจาก *C. annum* X *C. chinense* ทุกคู่ให้จำนวน 2 ดอก/ข้อ และสามารถติดผลได้ 1-2 ผล (ภาพที่ 1A) แต่ผลในข้อ



Figure 1 Show A ; fruit set of JDxMH B; progeny of MHx FH, C; pepper plant infected by *Choanephora cucurbitarum*)

เดียวกันจะสูงไม่พร้อมกัน ส่วนลูกผสม MH x FH มีดอกมากถึง 5 ดอกต่อข้อแต่จะติดผลเพียง 2-3 ผลเท่านั้น และในพันธุ์ FH จะมีความอ่อนแอต่อเชื้อรา *Choanephora cucurbitarum* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคยอดและดอกแห้ง (ภาพที่ 1C) ส่วนในลูกผสม *C. annuum* X *C. chinense* ไม่พบอาการของโรคนี้

ค่าความเผ็ดพบว่าในทุกคู่ของ *C. annuum* x *C. chinense* ให้ค่าความเผ็ด ปริมาณ capsaicin, dihydrocapsaicin และ capsaicinoids สูงกว่าแม่ที่เป็น *C. annuum* ส่วนคู่ของ *C. annuum* x *C. annuum* พบว่าค่าความเผ็ดจะอยู่ระหว่างค่าความเผ็ดของสายพันธุ์พ่อแม่ (ตารางที่ 1) Zewdie and Bosland (2000) กล่าวว่าค่าเฉลี่ยของชั่วรุ่นของปริมาณสาร capsaicin dihydrocapsaicin และปริมาณ total capsaicinoids ที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* จะมีทั้งการแสดงออกแบบผลบวก (additive) แบบข่ม (dominance) และการแสดงออกร่วมกัน (interaction) เป็นผลทำให้ค่าความเผ็ดและปริมาณสาร capsaicinoids ของลูกผสมอยู่ระหว่างพ่อแม่หรือใกล้เคียงกับพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดเท่านั้น ส่วนในลักษณะอื่น ๆ พบว่าทั้งปริมาณผลผลิตต่อต้น ผลผลิตแห้งต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น มีแนวโน้มการแสดงออกเช่นเดียวกับกับปริมาณ capsaicinoids ยกเว้นอายุดอกบานที่พบว่าในทุกคู่ผสมมีอายุดอกบานสั้นกว่าพ่อแม่ซึ่งเป็นผลดีที่ทำให้อายุการเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น (ตารางที่ 1) ซึ่ง Thomas and Peter (1988) อธิบายว่าการออกดอกในสภาวะอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพ่อแม่ (อุณหภูมิสูง) มีผลทำให้ลูกผสมมีอายุดอกบานที่สั้นลงกว่าพ่อแม่ และ

พบว่าอีกว่าการผสมข้ามมีผลทำให้อายุดอกบานของชั่วรุ่นเร็วขึ้น

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) ของลูกผสมระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* พบว่า มีค่าความดีเด่นในลักษณะต่างๆ ทั้งปริมาณ capsaicinoids ผลผลิตต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น สูงกว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อแม่และแม่รวมกัน (Mid Parent : MP) ซึ่ง Zewdie and Bosland (2000) ทำการผสมข้ามระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* พบว่าใน ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1-hybrid) ให้ค่า capsaicin สูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่และแม่ และพบการแสดงออกของยีนหลายแบบทั้ง additive dominance และ additive x additive ส่วน dihydrocapsaicin มีการแสดงออกแบบ additive, dominance และแบบ additive x dominance และ dominance x dominance ส่วนในคู่ของ SH x FH ที่มีสัดส่วนของ capsaicin : dihydrocapsaicin เหมือนกับ SH มีสัดส่วนเป็น 2 : 1 แต่ FH มีสัดส่วน capsaicin : dihydrocapsaicin เป็น 4 : 1 เนื่องจากปริมาณสาร capsaicinoids ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นการทำงานร่วมกันของยีนย่อยในกระบวนการสังเคราะห์ capsaicinoids และปริมาณ dihydrocapsaicin เป็นผลของการทำงานของยีนแบบ additive x dominance และ dominance x dominance ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณ capsaicin ในคู่ผสมของ SH x FH จึงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณ dihydrocapsaicin ในสัดส่วน 2:1 เหมือนกับ SH

ค่าความเผ็ด MH x FH มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดีที่สุด เท่ากับ 66.78 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) Suosa and Maluf (2003) ทำการศึกษาค่าทางพันธุกรรมใน

Table 1 Capsaicinoids content and yield components of progeny and parents.

Variety	CAP (ppm)	DH (ppm)	CAPSD (ppm)	Pungency (SHU)	Yield/ rai (Kg)	Fresh yield/ Plant (g)	Dry yield/ Plant (g)	% Dry weight	Node/ plant	50% Flowering (DAP)
FH	8,453*	2,476.6	10,486	157,287	20.54	527.20	59.37	11.59	6.27	67.67
MH	9,614	2,690.3	11,917	178,750	29.40	402.92	74.77	18.84	7.13	61.67
JD	1,492	949.4	2,461	36,918	10.16	445.17	125.13	28.42	11.07	44.33
BP	1,389	861.9	2,257	33,849	7.47	398.53	100.29	25.00	9.40	53.33
SH	2,110	1,284.0	3,414	51,204	12.89	419.85	114.41	27.29	11.73	50.33
MH x FH	16,034	3,993.7	19,486	292,289	57.19	686.17	88.93	12.90	9.03	42.67
JD x FH	6,849	2,413.0	9,040	135,597	15.43	318.55	51.72	16.86	10.80	51.67
JD x MH	8,119	3,149.0	11,008	165,127	20.52	428.52	78.85	18.58	10.47	37.33
BP x MH	6,675	2,639.5	9,154	137,305	28.43	516.69	92.82	18.22	11.03	33.67
BP x JD	1,430	1,020.4	2,473	37,092	8.05	349.52	98.62	28.28	11.13	32.00
SH x FH	4,446	2,327.9	6,790	101,849	17.34	440.16	77.38	17.69	13.27	36.00
SH x MH	8,300	3,053.1	11,092	166,376	31.89	456.42	87.12	19.45	13.00	34.00
SH x JD	1,836	858.9	2,719	40,783	8.92	337.18	99.45	29.81	11.33	35.67
SH x BP	1,688	938.1	2,645	39,669	8.95	386.78	102.53	27.03	11.00	30.33
F-test	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**
LSD	4,905.5	729.61	5,014.5	75,217	-	309.45	52.88	4.68	2.82	8.03
cv (%)	38.59	15.71	29.49	29.49	Non	31.23	26.07	9.61	11.88	8.11

CAP; capsaicin, DH; dihydrocapsaicin, CAPSD; total capsaicinoids, DAP; day after planting

** Mean separation within column by Least significant difference (LSD), α 0.01. non; not test mean

Table 2 Heterosis value (MP) of progeny (%).

Progeny	MHxFH	JDxFH	JDxMH	BPxMH	BPxJD	SHxFH	SHxMH	SHxJD	SHxBP
Capsaicin	77.49	37.74	46.21	21.33	-0.73	-15.82	41.59	1.94	-3.52
Dihydrocapsaicin	54.59	40.86	73.04	48.61	12.67	23.80	53.64	-23.09	-12.57
Capsaicinoids	73.96	39.65	53.12	29.17	4.83	-2.30	44.70	-7.44	-6.72
Fresh yield/plant	47.54	-34.48	1.06	28.94	-17.15	-7.05	10.95	-22.04	-5.48
Dry yield/plant	32.59	-43.93	-21.11	6.04	-12.50	-10.94	-7.90	-16.97	-4.49

พริกเผ็ด *C. chinense* พบว่าการแสดงออกของยีนเป็นแบบไม่เป็นผลบวก ส่วนในลักษณะของ น้ำหนักแห้งและปริมาณ capsaicin เป็นการแสดงออกแบบข่มไม่สมบูรณ์ ค่า heterosis ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการข่มข้ามคู่ของยีน (epistasis) และ Zewdie *et al.* (2001) ทำการศึกษา heterosis ในพริก *C. pubescens* พบว่า พ่อแม่ที่ดีที่สุดไม่ได้ให้ลูกผสมที่ดีที่สุด แต่ในทางกลับกันพ่อแม่ที่ไม่ดีกลับให้ลูกผสมที่ดีและดีกว่าพ่อแม่ ซึ่งเป็นการแสดงออกแบบข่มข้ามคู่ (epistasis) และให้ค่า heterosis สูง

สรุป

การผสมข้ามระหว่าง *C. annuum* และ *C. chinense* สามารถผสมข้ามได้ ยกเว้นคู่ของ BP x FH การผสมข้ามระหว่าง *C. chinense* x *C. chinense* (FH x MH) ให้ค่าความเผ็ดสูงที่สุด สูงกว่าพ่อและแม่ มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่เป็นบวก การผสมข้ามระหว่าง *C. annuum* X *C. chinense* ให้ค่าความเผ็ดสูงกว่า *C. annuum* ที่เป็นแม่ทุกคู่แต่น้อยกว่า FH และ MH ที่

เป็นพ่อ ค่าความดีเด่นของความเผ็ให้ค่าเฉลี่ย สูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ ยกเว้น SH x FH ที่ให้ค่าบวกเพียงค่าเดียว คือ dihydrocapsaicin การผสมข้ามระหว่าง *C. annuum* X *C. annuum* ลูกผสมให้ค่าความเผ็อยู่ระหว่างพ่อและแม่ แต่ค่าความดีเด่นมีค่าเป็นลบ หนึ่งในการศึกษาในครั้งต่อไป ควรเป็นการคัดเลือกพริกเผ็จากลูกผสม F2 ที่มีความเผ็สูงนำมาใช้ในการผสมข้ามต่อไปเพื่อศึกษาค่าการผสมและการถ่ายยีนที่ควบคุมความเผ็ โดยเฉพาะ MH x FH ที่มีค่าความเผ็สูงมากนำมาผสมข้ามกับพันธุ์พริกเผ็และใช้เป็นประชากรในการปรับปรุงพันธุ์พริก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอขอบพระคุณบริษัท ทีเคอาร์แอนดีดี จำกัด ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2546. พริก: การผลิต การจัดการ และการปรับปรุงพันธุ์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ASTA (American Spice Trade Association). 1985. ASTA Analytical Methods : Method 21.1 High Pressure Liquid Chromatography (HPLC). (Online). Available: http://www.zarc.com/english/cap-stun/tech_info/oc/hplc.html (December 30, 2005).

Collins, M.D., L.M. Wasmund and P.W. Bosland 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *capsicum* using high-performance liquid chromatography. HortScience 30(1): 137-139.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. Biol. Sci. 9: 463-493.

Nair, G.K. 2005. Availability of Raw Meterial Can boost Export of Spices Oils. Businessline News Papper. (Online). Available: <http://www.Thehidubusinessline.com/2005/02/18/stories/2005021800941200.htm> (February 18, 2005)

Suosa, J.A. de and W.R. Maluf. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameter of hot pepper (*Capsicuchinense* Jacq.). Scientia Agricola 60(1): 105-113.

Thomas, P. and K.V. Peter. 1988. Heterosis intervarietal crosses of bell pepper (*Capsicum annuum* var. *grossum*) and hot chilli (*C. annuum* var. *fasculatum*). Indian Journal of Agricultural Sciences 58(10): 747-750.

Thorup, T.A., B. Tanyolac, K.D. Livingston, S. Popovsky, I. Paran and M. Jahn. 2000. Candidate gene analysis of organ pigmentation loci in the Solanaceae. PNAS 97(21): 11192-11197.

Zewdie, Y. and P.W. Bosland. 2000. Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* x *C. chinense*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(4): 448-453

Zewdie, Y., P.W. Bosland and R. Steiner. 2001. Combining ability and heterosis for capsaicinoid in *Capsicum pubescens*. HortScience 36(7): 1315-1317.

ผลของสารประกอบอินทรีย์และสารควบคุม
การเติบโตต่อการเจริญและออกดอกของ
กล้วยไม้เหืองจันทบูรในหลอดทดลอง

Effect of Organic Compounds and Plant Growth Regulators
on Development and Flowering of Friederick's Dendrobium
(*Dendrobium friedricksianum* Rchb. f.) Orchid *In Vitro*

ปรัชพรณ หนูจีน^{1/} และ สมปอง เตชะโต^{1/}
Pratchaparn Nujeen^{1/} and Sompong Te-chato^{1/}

Abstract: The effect of organic compounds (myo-inositol, nicotinic acid, thiamine-HCl and glycine) and some plant growth regulators on growth and flowering of Friederick's Dendrobium orchid *in vitro* were carried out. The results revealed that explants cultured on PGR-free MS medium modified by increasing concentration of those organic substances to 2.5 times could be induced average number of shoots at 4.5 shoots per explant within 30 days. Flowering did not occurred in all treatments. Explants cultured in MS medium supplemented with 0.2 mg/l NAA and 2.5 mg/l BA gave average number of shoots at 2.75 shoots per explant within 30 days and it was significantly higher than the other treatments but was not different from decreased NH_4NO_3 concentration. Flower percentage was 87.50% and number of flower per plant was 1.0 flower within 60 days of culture. However, flower was abnormal with pale white, turned to brown color and not full bloom.

Keywords: Flowering, Friederick's Dendrobium, plant growth regulators, organic, multiple shoot

^{1/}ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

^{1/}Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand.

บทคัดย่อ: จากการศึกษาผลของสารอินทรี (มายไอนินโนซิทอล วิตามินบี 1 วิตามินบี 6 และไกลซิน) และสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิด ต่อการเติบโตของกล้วยไม้พันธุ์เหลืองจันทร์พญานาในหลอดทดลอง พบว่า จากการเพาะเลี้ยงต้นบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS (Murashige and Skoog) ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต และเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีข้างต้นเป็น 2.5 เท่า ของสูตร MS ปกติ สามารถชักนำยอดรวมเฉลี่ย 4.5 ยอด/ชิ้นส่วน ภายในระยะเวลา 30 วัน ทุกกรรมวิธีไม่สามารถทำให้พืชออกดอกได้ การเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA (1-naphthylacetic acid) 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ BA (N^6 -benzyladenin) 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้จำนวนยอดรวมต่อชิ้นส่วนพืชเฉลี่ย 2.75 ยอด/ชิ้นส่วน ภายในเวลา 30 วัน ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากการลดความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรท และสามารถชักนำการออกดอกได้ 87.50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนดอกต่อต้น 1 ดอก ภายในเวลา 60 วันหลังการเพาะเลี้ยง อย่างไรก็ตามดอกมีอายุการติดปักคือมีสีซีดขาว และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในเวลาต่อมา และไม่สามารถบานได้เต็มที่

คำสำคัญ: การออกดอกในหลอดทดลอง กล้วยไม้เหลืองจันทร์พญานา สารควบคุมการเจริญเติบโต สารอินทรี ยอดรวม

คำนำ

แหล่งกำเนิดกล้วยไม้ป่าของโลกมี 2 แหล่งใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ ลาตินอเมริกา กับเอเชียแปซิฟิก โดยที่ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางแหล่งกำเนิดกล้วยไม้ป่า ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (มาลินี, 2534) มีกล้วยไม้มากกว่า 900 ชนิด ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติของประเทศไทย (Seidenfaden and Smitinand, 1959-1965 อ้างโดย ครรชิต, 2541) คิดเป็น 3.5-4.5 เปอร์เซ็นต์ ของกล้วยไม้ที่มีทั้งหมดในโลก (Dressler, 1981 อ้างโดย ครรชิต, 2541) ในจำนวนนั้นกล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium*) จัดเป็นสกุลใหญ่ที่สุด เนื่องจากมีอยู่ตามธรรมชาติมากมายหลายชนิดมากกว่ากล้วยไม้สกุลอื่น ๆ และเหลืองจันทร์พญานา (*Dendrobium friedericksianum* Rchb.f.) (วชิรพงศ์, 2547) เป็นหนึ่งในกล้วยไม้ป่าสกุลหวายที่มีความสำคัญและใกล้จะสูญพันธุ์ จึงได้มีการศึกษาหาวิธีเพิ่มปริมาณและคุณภาพ แต่จากการศึกษาเมล็ดพันธุ์กล้วยไม้ที่แต่ละฝักมีน้ำหนักเมล็ดนั้น พบว่าในธรรมชาติมีโอกาสงอกเป็นต้นได้ไม่ถึงร้อยละ 0.1 เนื่องจากเมล็ดกล้วยไม้ที่แก่แล้วไม่มีทั้งใบเลี้ยง และเอนโดสเปิร์ม จึงไม่มีอาหารสะสมไว้เลี้ยงต้นอ่อน (สมปอง, 2539ก) ซึ่งสามารถแก้ไขโดยวิธีการเลี้ยงเมล็ดในหลอดทดลองในสภาพปลอดเชื้อซึ่งมีอาหารสมบูรณ์จึงมีการนำเทคโนโลยีทางด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ เพื่อสามารถผลิตต้นพันธุ์ปริมาณ

มากได้ในเวลาอันรวดเร็ว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546) และการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความแปลกใหม่ก็เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กล้วยไม้ได้ การชักนำดอกในหลอดทดลองก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากสามารถใช้สารก่อกลายพันธุ์ชักนำการกลายพันธุ์ของกล้วยไม้ในหลอดทดลอง แล้วจึงทำการตรวจสอบลักษณะโดยใช้วิธีการชักนำดอกในหลอดทดลอง ซึ่งสามารถร่นระยะเวลาได้มาก เพราะถ้าทำการปลูกทดสอบในแปลงปลูกต้องใช้เวลาในการที่จะนำต้นออกไปอนุบาล และดูแลรักษาจนกว่าจะออกดอก พืชทั่วไปจะออกดอกได้เมื่อมีความพร้อม นั่นคือ พันธุ์ อายุของพืช แสง อุณหภูมิ ความชื้นในดิน การตัดแต่งกิ่ง และฮอร์โมน (พีรเดช, 2542) จึงมีการทดลองเพื่อให้พืชเกิดดอกเร็วขึ้น สร้อยนภา (2528) รายงานการใช้พาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) กับต้นกล้วยไม้ *Dendrobium* 'Hepa' ส่งผลให้เกิดช่อดอกเร็วขึ้น ในส่วนของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ *Dendrobium candidum* บนอาหารสังเคราะห์เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA (N^6 -benzyladenin) ร่วมกับ NAA (1-naphthylacetic acid) หรือสเปอ์มิดีน (spermidine) สามารถชักนำการเกิดดอกของกล้วยไม้ชนิดนี้ได้ (Wang and Xu, 1997) ในไผ่ใช้ไรโดอะซุรอน (thiadiazuron :TDZ) 0.455 ไมโครโมลาร์ พบว่าการพัฒนาของดอกในหลอดทดลอง (Lin et al., 2004) และการเกิดดอกของโสมใช้ชิ้นส่วนตา เพาะเลี้ยงบนอาหาร

สังเคราะห์สูตร B5 (Gamborg B5) เติม BA 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid: GA₃) 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร (Lin *et al.*, 2003) นอกจากนี้การลดความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรท (NH₄NO₃) ลงครึ่งหนึ่งในอาหารสูตร MS ก็สามารถชักนำดอกของ *Orychophragmus violaceus* ได้เช่นกัน (Luo and Huang, 2000) สำหรับสารประกอบอินทรีย์ที่มีผลต่อการสร้างดอกในหลอดทดลองนั้นมีรายงานในกุหลาบเป็นส่วนใหญ่ซึ่งสารเหล่านี้มี 2 ชนิดคือน้ำตาลซูโครส (Nguyen *et al.*, 2006) และมายไอินโนซิทอล (Wang *et al.*, 2002) การประยุกต์ใช้สารดังกล่าวจะเป็นแนวทางในการนำไปใช้เพื่อการชักนำการออกดอกในหลอดทดลองของกล้วยไม้เหลืองจันทร์พุด เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ และเพื่อผลิตต้นพันธุ์ปริมาณมากได้ในเวลาอันรวดเร็วต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชทดลอง

ใช้กล้วยไม้เหลืองจันทร์พุดที่ดูแลในหลอดทดลองเป็นเวลา 3 เดือน (ย้ายเลี้ยงทุกเดือน) ต้นกล้วยไม้ดังกล่าว เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS เติมน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ปรับความเป็นกรดต่างเป็น 5.7 เติมน้ำฟิตาเจล (Phytigel) 0.17 เปอร์เซ็นต์ เพาะเลี้ยงในที่มืด 14 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 2,200 ลักซ์ ที่อุณหภูมิ 26 ± 4 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

ผลของสารอินทรีย์

นำต้นกล้วยไม้เหลืองจันทร์พุดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่แปรผันความเข้มข้นของสารอินทรีย์ 4 ชนิดคือ มายไอินโนซิทอล วิตามินบี 1 (thiamine-HCl) วิตามินบี 6 (pyridoxine-HCl) และไกลซีนที่ 2, 2.5, 3, 3.5 หรือ 4 เท่าของสูตร MS ปกติ เติมน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ปรับระดับความเป็นกรดต่างเป็น 5.7 เติมน้ำฟิตาเจลเข้มข้น 0.17 เปอร์เซ็นต์ เพาะเลี้ยงในขวดขนาด 8 ออนซ์ ซึ่งบรรจุอาหารปริมาตร 25 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยง

ขวดละ 1 ขึ้น ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 ขวด วางไว้ที่ความเข้มแสง 2,200 ลักซ์ ให้แสงนาน 14 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 26 ± 4 องศาเซลเซียส เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 เดือน บันทึกอัตราการเพิ่มจำนวนยอดรวม และจำนวนดอก ในแต่ละสิ่งทดลองเปรียบเทียบกันโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต

นำต้นกล้วยไม้เหลืองจันทร์พุดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS โดยปรับสูตรอาหารตามกรรมวิธีดังนี้ 1) เติม GA₃ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร 2) เติม spermidine 2 มิลลิกรัม/ลิตร 3) เติม paclobutrazol 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร 4) เติม NAA 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ BA 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร และ 5) อาหารสูตร MS ที่ลดความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรทลงครึ่งหนึ่ง (825 มิลลิกรัม/ลิตร) ทุกกรรมวิธีเติมน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ปรับระดับความเป็นกรดต่างเป็น 5.7 เติมน้ำฟิตาเจลเข้มข้น 0.17 เปอร์เซ็นต์ ใช้ขวดขนาด 8 ออนซ์ ซึ่งบรรจุอาหารปริมาตร 25 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงขวดละ 1 ขึ้น ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 ขวด วางเลี้ยงที่ความเข้มแสง 2,200 ลักซ์ ให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 26 ± 4 องศาเซลเซียส เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 เดือน บันทึกอัตราการเพิ่มจำนวนยอดรวม และจำนวนดอก ในแต่ละสิ่งทดลองเปรียบเทียบกันโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลการทดลอง

ผลของสารอินทรีย์

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อนำต้นกล้วยไม้เหลืองจันทร์พุดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 3 เดือน (ย้ายเลี้ยงทุกเดือน) ไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่แปรผันความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ 2.5 เท่า ส่งเสริมการเกิดยอดรวมเฉลี่ย 4.50 ยอด/ชิ้นส่วน รองลง

มาคือ สารอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 3.0 เท่า เกิดยอดรวมเฉลี่ย 3.64 ยอด/ชิ้นส่วน ภายในระยะเวลา 30 วัน (ภาพที่ 1A) และเมื่อวางเลี้ยงต่ออีก 30 วัน พบว่าสารอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 2.5 เท่า เกิดยอดรวมเฉลี่ย 6.61 ยอด/ชิ้นส่วน และสารอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 3.0 เท่า ยอดรวมเฉลี่ย 5.69 ยอด/ชิ้นส่วน แต่ทุกความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไม่สามารถชักนำการเกิดดอกได้ (ภาพที่ 1B)

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อนำต้นกล้วยไม้ เหลืองจันทร์บุรีที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 3 เดือน (ย้ายเลี้ยงทุกเดือน) ไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS เติม NAA 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ BA 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมการเกิดยอดรวมสูงสุดเฉลี่ย 2.75 ยอด/ชิ้นส่วน รองลงมา คือ อาหารสูตร MS ที่ลดความ

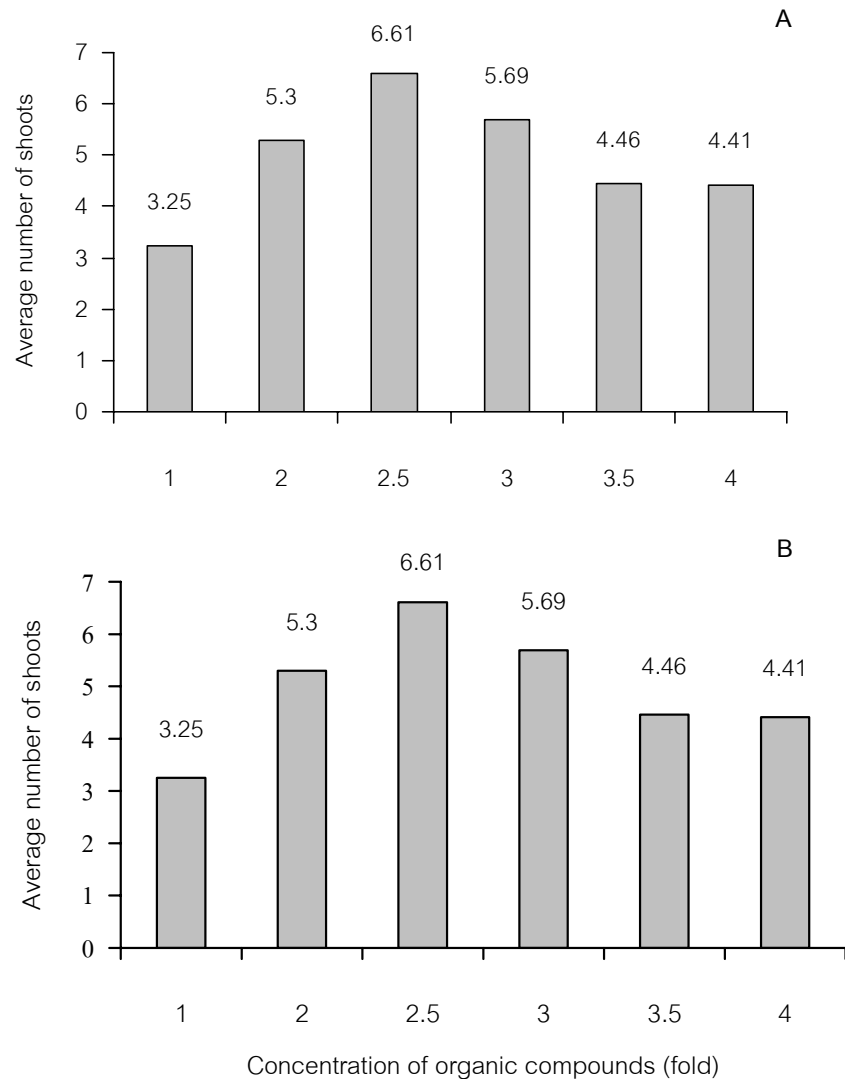


Figure 1 Effect of concentration of organic compounds on average number of shoot of *Friederick's dendrobium orchid (Dendrobium fredericksianum Rchb.f)* in vitro for 30 (A) and 60 days (B).

เข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรทลงครึ่งหนึ่ง เกิดยอดรวมเฉลี่ย 2.30 ยอด/ชิ้นส่วนภายในระยะเวลา 30 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อวางเลี้ยงต่ออีก 30 วัน พบว่า อาหารสูตร MS เต็ม PBZ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมการเกิดยอดรวมเฉลี่ยได้มากที่สุดถึง 6.89 ยอด/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการรวมวิธีการอื่น ๆ อย่างไรก็ตามลำต้นในอาหารเต็ม PBZ มีขนาดใหญ่กว่าต้นปกติ (ภาพที่ 2A) ใบอ่อนสั้น (ภาพที่ 2B)

และรากสั้นกุด (ภาพที่ 2C) รองลงมาคือ NAA 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ BA 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมการเกิดยอดรวมเฉลี่ย 4.25 ยอด/ชิ้นส่วน และเกิดการพัฒนาดอก 87.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) แต่เมื่อออกดอกมีการพัฒนา (ภาพที่ 3A) ไปได้ระยะหนึ่ง ดอกมีการเปลี่ยนแปลงไป 2 ลักษณะ คือ กลายเป็นดอกเผือก มีสีซีดขาว (ภาพที่ 3B) และเหี่ยวแห้ง (ภาพที่ 3C) โดยที่ดอกยังไม่บาน

Table 1 Effect of medium and growth regulators on average number of shoots and flowering percentage of Friederick's Dendrobium Orchid (*Dendrobium friedricksianum* Rchb.f.) *in vitro* for 30 and 60 days.

MS medium with	Average number of shoot		Flowering (%)
	(30 days)	(60 days)	
0.1 mg/l PBZ	1.00 c	6.89 a	0
1.0 mg/l GA ₃	1.46 bc	1.54 c	0
825 mg/l NH ₄ NO ₃	2.30 ab	3.00 bc	0
2.0 mg/l SP	1.73 bc	3.00 bc	0
2.5 mg/l BA+0.2 mg/l NAA	2.75 a	4.25 b	87.50
F-test	**	**	-
C.V.(%)	50.59	39.39	-

** significant difference at P≤0.01

PBZ : paclobutrazol

SP : spermidine

GA₃ : gibberellic acid

NH₄NO₃ : ammonium nitrate

BA : N⁶-benzyladenine

NAA : 1-naphthylacetic acid

Means in the same column followed by the common letter do not differ significantly by DMRT

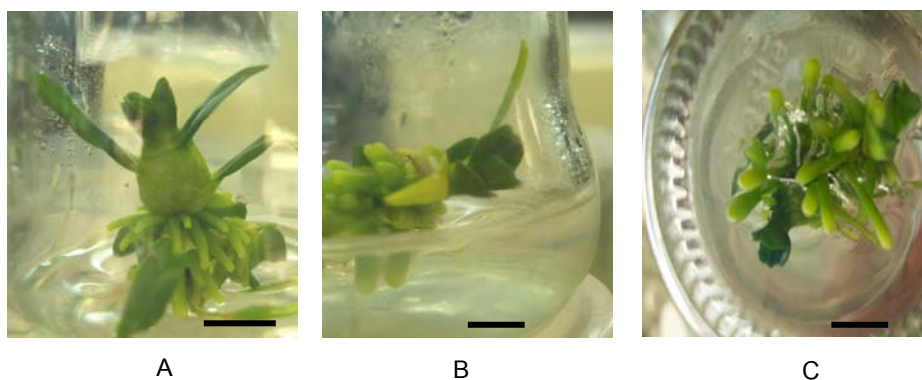


Figure 2 Effect of 0.05 mg/l PBZ containing MS medium on morphological features of stem (A), leaf (B) and root (C) of Friederick's dendrobium orchid (bar = 1 cm).

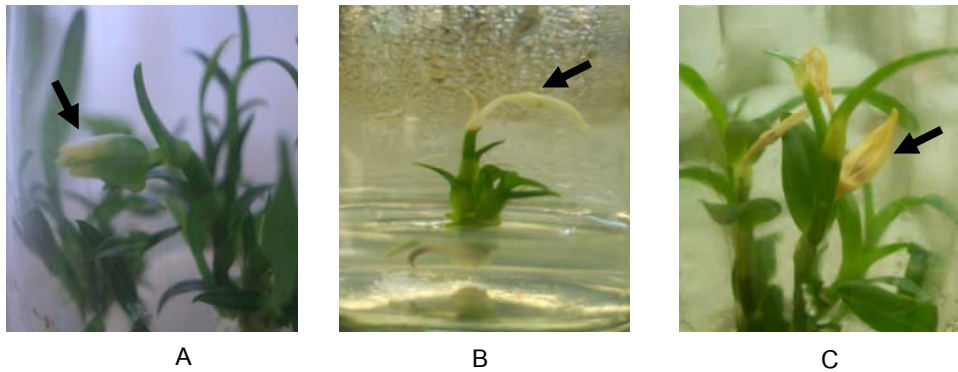


Figure 3 Characteristics of flower (arrow) induced in MS medium supplemented with 0.2 mg/l NAA and 2.5 mg/l BA (bar = 1 cm).
(A) normal, (B) albino, (C) shrivel

วิจารณ์

สารอินทรีย์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารที่ส่งเสริมการเจริญ และการแบ่งเซลล์ของชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยง สารดังกล่าวมีหลายชนิด ความเข้มข้นที่ใช้ก็แตกต่างกันออกไป สารอินทรีย์ในสูตรอาหาร MS ส่งเสริมการการพัฒนาของนิวเคลลาเซลล์ไปเป็นต้นอ่อน หรือ ยอด (สมปอง, 2539ข) จากการศึกษาของ Xu *et al.* (2004) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ oleic acid หรือ dibutyl phthalate ในสารอินทรีย์ของอาหารสังเคราะห์ สามารถเพิ่มความแข็งแรง และความมีชีวิตของเซลล์ *Taxus cuspidata* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นมายไอินโนซิทอล วิตามินบี 1 บี 6 ไกลซีน ในสารอินทรีย์ของอาหารสังเคราะห์สูตร MS ส่งเสริมการเจริญของกล้วยไม้เหลืองจันทร์พญานกในหลอดทดลอง แต่ไม่สามารถชักนำการออกดอกได้ ในขณะที่การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ BA สามารถส่งเสริมการเกิดดอกของกล้วยไม้ *Dendrobium candidum* ได้ (Wang and Xu, 1997) และ Chen *et al.* (2005) รายงานการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium faberi* บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS เติม NAA ร่วมกับ BA สามารถส่งเสริมการเจริญของกล้วยไม้ *Cymbidium faberi* ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า NAA 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ BA 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร

ส่งเสริมการเกิดดอกถึง 87.50% ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า BA ส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงสภาวะของเซลล์จาก ระยะการเจริญทางลำต้น (vegetative stage) เข้าสู่ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (reproductive stage) สัดส่วนของ BA ต่อ NAA ที่เหมาะสมต่อการเกิดดอกอยู่ในช่วง 1:10-1:30 (Nguyen *et al.*, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่า BA เพียงอย่างเดียวในระดับความเข้มข้นต่ำ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมการสร้างดอกในปาล์มน้ำมันได้ (ข้อมูลไม่ตีพิมพ์) อย่างไรก็ตาม ดอกมีลักษณะผิดปกติ คือ มีสีขาว ชีด เหี่ยว (albino) เหี่ยวแห้ง (shrivel) สาเหตุดังกล่าวไม่ทราบชัดเจน แต่เข้าใจว่าเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตที่รวดเร็วอาจส่งเสริมการสร้างเอทิลีนที่ส่งผลต่อการเหี่ยวของดอก เนื่องจากดอกที่สร้างไม่บานจึงเลี้ยงไว้โดยไม่มี การย้ายเลี้ยงในอาหารใหม่ หากมีการย้ายเลี้ยงไปในอาหารใหม่การบานของดอกอาจเป็นปกติ และเมื่อทำการทดสอบสารชนิดอื่นๆที่มีผลต่อการเกิดดอกของกล้วยไม้ เหลืองจันทร์พญานกได้แก่ GA_3 ซึ่ง Su *et al.* (2001) อธิบายถึงการลดต่ำลงของระดับฮอร์โมนจิบเบอเรลลินภายในเซลล์ จะยับยั้งการติดดอกของกล้วยไม้ *Phalaenopsis* และสำหรับกล้วยไม้ *Psychomorphis pusilla* นั้น GA_3 ไม่มีผลต่อการแทงช่อดอกในหลอดทดลอง (Ana *et al.*, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในกล้วยไม้เหลืองจันทร์พญานกพบว่า GA_3 ส่งเสริมการเกิดยอดรวมเฉลี่ยเพียง 1.46 ยอด/ชิ้นส่วน ในเวลา 30 วัน และไม่สามารถชักนำการเกิด

ดอกได้ ทั้งนี้จากรายงานของ Li (1988) พบว่า GA_3 สามารถชักนำการเกิดดอกของกะหล่ำปลี และผักกาดหัวได้ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองนี้ ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับ การตอบสนองของ GA_3 ที่แตกต่างกันในพืชต่างชนิดกัน นอกจากนี้สร้อยนภา (2528) รายงานการทดลองใช้ PBZ กับต้นกล้วยไม้ *Dendrobium* 'Hepa' พบว่า ส่งผลให้เกิดช่อดอกเร็วขึ้นในสภาพแปลงปลูก แต่เมื่อทดลองใช้กับกล้วยไม้เหลืองจันทร์ในการทดลองนี้พบว่าสามารถชักนำยอดรวมได้ใน 60 วันแต่ไม่สามารถชักนำดอกได้ สำหรับผลของไนโตรเจนต่อการชักนำให้เกิดดอกนั้นมี รายงานว่า การเพาะเลี้ยง *Orychophragmus violaceus* (Luo and Huang, 2000) บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ลดความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรทลงครึ่งหนึ่งส่งผลให้เกิดดอกได้ แต่เมื่อทดลองใช้กับกล้วยไม้เหลืองจันทร์ในการทดลองนี้ พบว่า สามารถชักนำยอดรวมได้แต่ไม่สามารถชักนำการเกิดดอกได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลดไนโตรเจนลงเพียงอย่างเดียวไม่สามารถปรับสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนให้เหมาะสมต่อการสร้างดอกได้ นอกจากนี้ยังอาจส่งผลต่อสมดุลและเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโตจนไม่สามารถชักนำดอกได้ ดังนั้นการลดปริมาณของไนโตรเจนร่วมกับการเพิ่มสารอินทรีย์ในกลุ่มของน้ำตาลและวิตามินให้สูงขึ้นน่าจะส่งเสริมการสร้างดอกได้ ส่วนการใช้สารในกลุ่มโพลีเอมีนในรูปของ spermidine ชักนำการเกิดดอกของกล้วยไม้ *Dendrobium candidum* ในหลอดทดลองตามที่ Wang and Xu (1997) ได้รายงานไว้ แต่เมื่อนำมาทดสอบกับกล้วยไม้กล้วยไม้เหลืองจันทร์พบว่าสามารถชักนำยอดรวมได้ 3.00 ยอดภายในเวลาใน 60 วันแต่ไม่สามารถชักนำดอกได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก พืชแต่ละชนิด แต่ละสายพันธุ์ต้องการปัจจัยในการตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ไม่ได้แปรผันความเข้มข้นของ spermidine ซึ่งความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษานี้ อาจไม่เหมาะต่อการชักนำดอกของกล้วยไม้เหลืองจันทร์ในหลอดทดลอง ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรศึกษาความเข้มข้นของสารในกลุ่มดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อการออกดอกที่สมบูรณ์ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงต้นกล้วยไม้เหลืองจันทร์บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยแปรผันความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในกลุ่มมายโออินโนซิทอล และวิตามินบี (ปี 1 และปี 6) และกรดอะมิโน (ไกลซีน) เป็น 2.5 เท่าของสูตร MS ปกติ เป็นเวลา 30 วัน สามารถชักนำยอดรวมเฉลี่ยได้ 4.50 ยอด/ชิ้นส่วน และเมื่อวางเลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน สามารถชักนำยอดรวมเฉลี่ยได้สูงสุด 6.61 ยอด/ชิ้นส่วน แต่ทุกระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไม่สามารถชักนำการออกดอกได้ ในขณะที่เมื่อเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA 2.5 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.2 มก./ล. ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS พบว่า สามารถส่งเสริมการเกิดยอดรวมเฉลี่ยได้ 2.75 ยอด/ชิ้นส่วน ภายในระยะเวลา 30 วัน และเมื่อวางเลี้ยงต่ออีก 30 วัน พบว่าเกิดยอดรวมเฉลี่ย 4.25 ยอด/ชิ้นส่วน และส่งเสริมการพัฒนาของดอกถึง 87.50 เปอร์เซ็นต์ แต่ดอกมีลักษณะผิดปกติ คือ มีสีขาวซีด ผีอก (albino) และเหี่ยวแห้ง (shriveled) ซึ่งอาจมีสาเหตุจากความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ไม่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณจิตติวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2546. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกับงานขยายพันธุ์พืช. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 180 หน้า.
- ครุฑจิต ธรรมศิริ. 2541. เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้. อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 230 หน้า.
- มาลินี อนุพันธ์สกุล. 2534. คู่มือการปลูกกล้วยไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 104 หน้า.

- พีรเดช ทองอำไพ. 2542. ฮอโมนพืชและสารสังเคราะห์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 174 หน้า.
- วชิรพงศ์ หวลบุตตา. 2547. กล้วยไม้ไทย. บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 96 หน้า.
- สมปอง เตชะโต. 2539ก. เทคโนโลยีชีวภาพของพืชปลูก. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 283 หน้า.
- สมปอง เตชะโต. 2539ข. บทปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพของพืชปลูก. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 156 หน้า.
- สร้อยนภา วัดทอง. 2528. ผลของสารชะลอการเจริญเติบโต paclobutrazol ต่อกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสม *Dendrobium Hepa* เพื่อใช้เป็นไม้กระถาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Ana, P.A.V., D.C.L.F.R. Rita and B.K. Gilberto. 2004. Photoperiod and temperature effects on in vitro growth and flowering of *P. pusilla*, an epiphytic orchid. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 411-415.
- Chen, Y., X. Liu and Y. Liu. 2005. *In vitro* plant regeneration from the immature seeds of *Cymbidium faberi*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 81: 247-251.
- Li, W.A. 1988. Study on fast plant propagation by means of tissue culture in China. *Plant Physiology* 4:12. (English abstract)
- Lin, C.S., C.T. Chen, C.C. Lin and W.C. Chang. 2003. A method for inflorescence proliferation. *Plant Cell Reports* 21: 838-843.
- Lin, C.S., C.C. Lin and W.C. Chang. 2004. Effect of thidiazuron on vegetative tissue-derived somatic embryogenesis and flowering of bamboo *Bambusa edulis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 76: 75-82.
- Luo, P. and B.Q. Huang. 2000. A study on exploitation of new vegetable germplasm *Orychophragmus violaceus* OE Schulz, a member of Brassicaceae. *Acta Horticulturae* 407: 75-78.
- Nguyen, H.V., H.A. Phan and T.N. Duong. 2006. The role of sucrose and different cytokinins in the *in vitro* floral morphogenesis of rose (hybrid tea) cv. "First Prize". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 87: 315-320.
- Su, W.R., W.S. Chen, M. Koshioka, L.N. Mander, L.S. Hung, W.H. Chen, Y.M. Fu and K.L. Huang. 2001. Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of *Phalaenopsis hybrida* under high temperature conditions when flower development is blocked. *Plant Physiology and Biochemistry* 39: 45-50.
- Wang, G. and Z. Xu. 1997. *Vitro* flowering. (Online) Available: <http://www.plant-tg.coafes.umn.edu>. (December 3, 2006).
- Wang, G.Y., M.F. Yuan and Y. Hong. 2002. *In vitro* flower induction in roses. *In Vitro Cellular Development Biology Plant* 38: 513-518.
- Xu, Q.M., J.S. Chen, Z.Q. Ge and Y.I. Yuan. 2004. Effects of organic solvents on membrane of *Taxus cuspidate* cells. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 79: 63-69.

การเปรียบเทียบคุณภาพของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดย ระบบอินทรีย์และระบบปกติระหว่างการเก็บรักษา

Quality Comparison of Cabbage Produced by Organic and Conventional Systems During Storage

นীরนุช มิ่งเมือง^{1/} และ ดนัย บุญยเกียรติ^{1/}
Neeranuch Mingmuang and Danai Boonyakiat

Abstract: Organic and conventional grown cabbages were stored at 0, 4, 8°C and room temperature. The results showed that after 4 days of storage organic grown cabbage had higher total phenolic compounds, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll than conventional grown cabbage but lower reducing sugar, starch and shorter shelf life than conventional cabbage. However, weight loss, vitamin C content and respiration rate were not significant different. Cabbage stored at 4°C had the lowest respiration rate and the longest shelf life. The results showed that conventional grown cabbage stored at room temperature for 0 day had higher nitrogen and iron content than organic grown cabbage. However phosphorus, potassium, calcium, magnesium, boron and total soluble protein content were not significant different. But after 4 days storage total nutrition and total soluble protein were not significant different.

Keywords: Organic cabbages, storage, mineral

^{1/}ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: กะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์และระบบปกติ ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง พบว่าหลังการเก็บรักษานาน 4 วัน กะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติ แต่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า และอายุการเก็บรักษาสั้นกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติ ส่วนการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซี และอัตราการหายใจ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กะหล่ำปลีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า กะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 วัน มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และธาตุเหล็กมีค่ามากกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์ ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โบรอน และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน ปริมาณธาตุอาหารและปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: กะหล่ำปลีอินทรีย์ การเก็บรักษา ธาตุอาหาร

คำนำ

เกษตรอินทรีย์ เป็นระบบการผลิตที่แตกต่างจากเกษตรปกติ โดยเฉพาะการที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ถึงแม้เกษตรอินทรีย์จะเน้นการใช้อินทรีย์วัตถุและปุ๋ยชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงพืชเป็นหลัก แต่การเปลี่ยนรูปของอินทรีย์วัตถุและปุ๋ยชีวภาพให้อยู่ในรูปของธาตุอาหารที่พร้อมนำมาใช้ประโยชน์นั้นต้องใช้เวลาและอาจมีธาตุอาหารบางชนิดที่มากหรือน้อยเกินความต้องการของพืชได้ รวมถึงการหลีกเลี่ยงการใช้สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดศัตรูพืช และฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนไม่ใช้พืชหรือสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อทางพันธุกรรม จึงทำให้พืชที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์มีการเจริญเติบโตแตกต่างจากพืชที่ปลูกในระบบเกษตรปกติ รวมถึงส่งผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลที่ได้จากเกษตรอินทรีย์ด้วย (Beharrell and MacFie, 1991) สาเหตุหลักที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตผลที่ผลิตในระบบอินทรีย์และผลิตผลที่ผลิตในระบบปกติ คือ ธาตุอาหารที่พืชได้รับ ซึ่งส่งผลถึงคุณภาพของผลิตผล และสารประกอบสำคัญต่างๆ ที่มีอยู่ในผลิตผล รวมไปถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นในผลิตผลนั้นด้วย ซึ่ง Worthington (2001) พบว่า ความแตกต่างของระบบการผลิตพืชทำให้อัตราส่วนของ

สารอาหาร เช่น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีการเปลี่ยนแปลงไป พืชที่มีการเจริญเติบโตภายใต้ระบบการผลิตแบบเกษตรปกติมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูง แต่จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบลดลง รวมไปถึงมีการสังเคราะห์สารสีและวิตามินต่ำด้วย ในทางตรงข้ามพืชที่มีการเจริญเติบโตภายใต้ระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบสูง แต่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบต่ำ สอดคล้องกับ Brandt and Molgaard (2001) ที่รายงานว่าทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างธาตุคาร์บอนและธาตุไนโตรเจน (C/N balance) เมื่อธาตุไนโตรเจนมีเพียงพอต่อการนำไปใช้และอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย พืชจะนำธาตุไนโตรเจนไปสร้างเป็นสารประกอบเป็นอันดับแรก ทำให้พืชมีสารประกอบที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง เช่น โปรตีน และสาร secondary metabolites ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น alkaloids แต่เมื่อธาตุไนโตรเจนมีจำกัดหรืออยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ กระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยพืชจะใช้ธาตุคาร์บอนแทน และมีการสะสมธาตุคาร์บอนในรูปสารประกอบ เช่น สตาร์ช และเซลลูโลส ซึ่งจะเห็นว่าการผลิตที่ต่างกันนั้นส่งผลถึงคุณภาพของผักที่ผลิตออกมาให้มีความแตกต่างกันด้วย

ในปัจจุบันมีการผลิตผักอินทรีย์เป็นจำนวนมาก ซึ่งกะหล่ำปลี (cabbage) ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า

Brassica oleracea var. *capitata* Linn. (दनय, 2540) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีการปลูกในระบบอินทรีย์มาก และความต้องการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ยังมีน้อย ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวทางด้านกายภาพและเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับคุณภาพของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของกะหล่ำปลีอินทรีย์

กะหล่ำปลีพันธุ์ RP1 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์และที่ปลูกในระบบปกติ จากแหล่งปลูกสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บเกี่ยวในระยะบรรจบ มีน้ำหนักเฉลี่ย 400-600 กรัมต่อหัว ส่งมาที่งานคัดบรรจุมูลนิธิโครงการหลวง ผ่านกระบวนการตัดแต่งหัวและห่อหัว ส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีทุก ๆ 2 วัน จนหมดอายุการเก็บรักษา วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี คือเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซีโดยวิธี Indophenol ปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีการของ Witham *et al.* (1971) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณสตาร์ช (Starch) ตามวิธีการของ Hodge and Hofreiter (1962) และ Khalafalla and Palzkill (1990) ปริมาณสารประกอบฟีนอลตามวิธีการของ Kesta and Atantee (1998) อัตราการหายใจตามวิธีการของ Smith (1995) และอายุการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์มี 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ชั้น

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตกะหล่ำปลี คือ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ

ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา 4 อุณหภูมิ คือ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

การทดลองที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารและปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และระบบปกติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 2 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 3 ชั้น คือ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ และกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการทดลองในวันที่ 0 และ 4 ของการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โฟสเฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน และโปรตีนที่ละลายได้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และระบบปกติ

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ โดยนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ พบว่า หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมากกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ แต่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณสตาร์ช น้อยกว่า และอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า ระบบการผลิตไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซี และอัตราการหายใจ (ตารางที่ 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม ปริมาณสตาร์ช และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของกะหล่ำปลีลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 1, 2 และ 3)

Table 1 Weight loss, vitamin C, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 4 days.

Treatment	Weight loss ^{1/} (%)	Vitamin C (mg/100 g)	Chlorophyll a ^{1/} (mg/100 g)	Chlorophyll b ^{1/} (mg/100 g)	Total chlorophyll ^{1/} (mg/100 g)
Factor 1 : Production system					
Organic	1.62±0.92	18.57±2.21	0.0028±0.0013 a	0.0022±0.0006 a	0.0044±0.0014 a
Conventional	1.84±1.56	19.48±1.37	0.0012±0.0003 b	0.0013±0.0003 b	0.0030±0.0009 b
C.V. (%)	73.95	9.69	0.00	0.00	0.00
Factor 2 : Stored temperature (°C)					
0°C	1.55±0.57 b	19.15±1.46	0.0025±0.0017	0.0019±0.0007	0.0042±0.0016
4°C	1.39±1.76 b	19.15±1.59	0.0016±0.0008	0.0015±0.0004	0.0031±0.0009
8°C	0.90±0.27 b	18.83±2.51	0.0016±0.0007	0.0015±0.0004	0.0031±0.0008
Room temp.	3.09±0.71 a	18.99±2.19	0.0022±0.0014	0.0021±0.0009	0.0044±0.0016
CV.	78.94	10.45	0.00	0.00	0.00
Factor 1	ns	ns	*	*	*
Factor 2	*	ns	ns	ns	ns
Factor 1X2	ns	ns	ns	ns	ns

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant, ns = non-significant

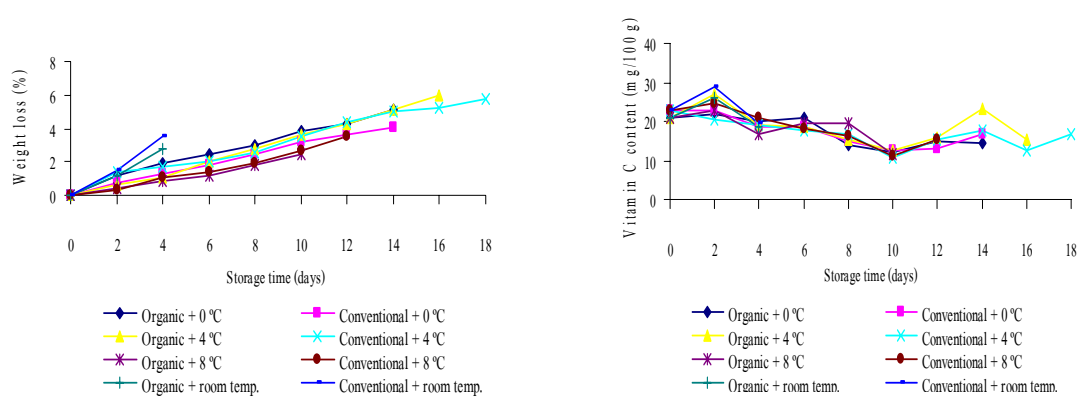


Figure 1 Weight loss and vitamin C content of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 18 days.

Table 2 Reducing sugar, starch content, total phenolic compound and respiration rate of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 4 days.

Treatment	Reducing sugar ^{1/} (%)	Starch content ^{1/} (%)	Total phenolic compound ^{1/} (mg/100 g)	Respiration Rate ^{1/} (mg CO ₂ /kg/hr)
Factor 1 : Production system				
Organic	0.22±0.02 b	0.11±0.03 b	16.34±2.80 a	24.07±18.46
Conventional	0.27±0.02 a	0.17±0.02 a	14.46±2.42 b	23.67±18.11
C.V. (%)	9.22	18.11	17.01	76.68
Factor 2 : Stored temperature (°C)				
0°C	0.25±0.01	0.16±0.03 a	17.41±2.85 a	12.73±1.67 b
4°C	0.26±0.03	0.17±0.03 a	16.40±1.38 a	9.58±4.26 c
8°C	0.24±0.04	0.14±0.01 ab	15.98±0.93 a	20.08±3.06 b
Room temp.	0.23±0.04	0.12±0.05 b	11.81±1.25 b	53.12±5.88 a
CV.	14.24	22.70	11.48	16.87
Factor 1	*	*	*	ns
Factor 2	ns	*	*	*
Factor 1X2	*	*	ns	ns

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant , ns = non-significant

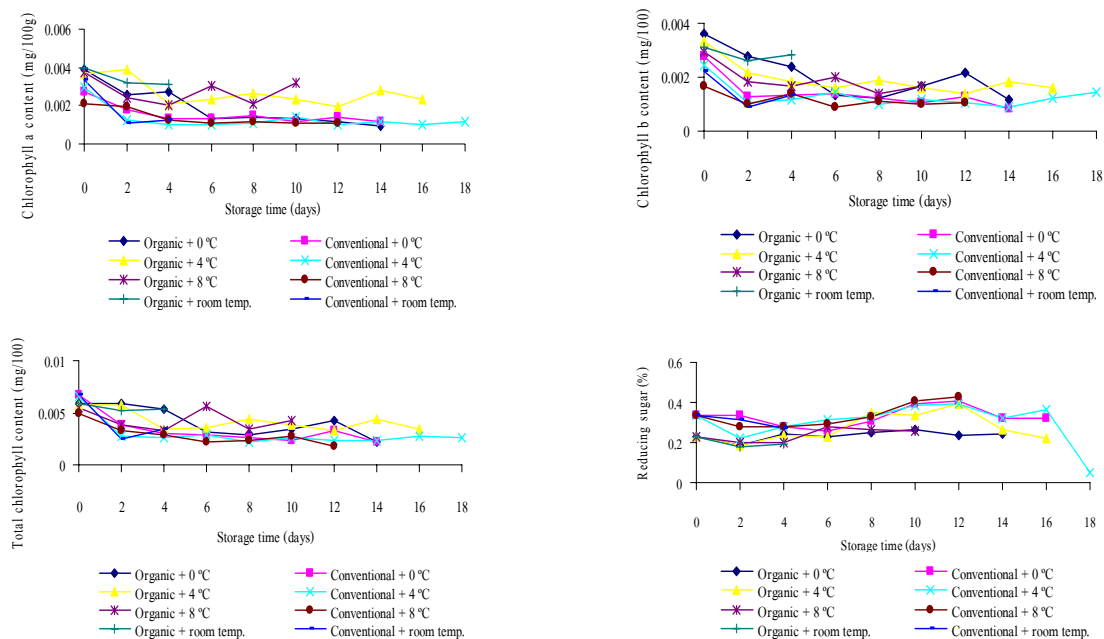


Figure 2 Chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and reducing sugar of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 18 days.

Table 3 Shelf life of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 18 days.

Treatment	Shelf life (days) ^{1/}
Factor 1 : Production system	
Organic	11.00±4.79 b
Conventional	12.00±5.32 a
C.V. (%)	44.08
Factor 2 : Stored temperature (°C)	
0°C	14.00±0.35 b
4°C	17.00±1.09 a
8°C	11.00±1.14 c
Room temp.	4.00±0.16 d
CV.	7.10
Factor 1	*
Factor 2	*
Factor 1×2	*

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant

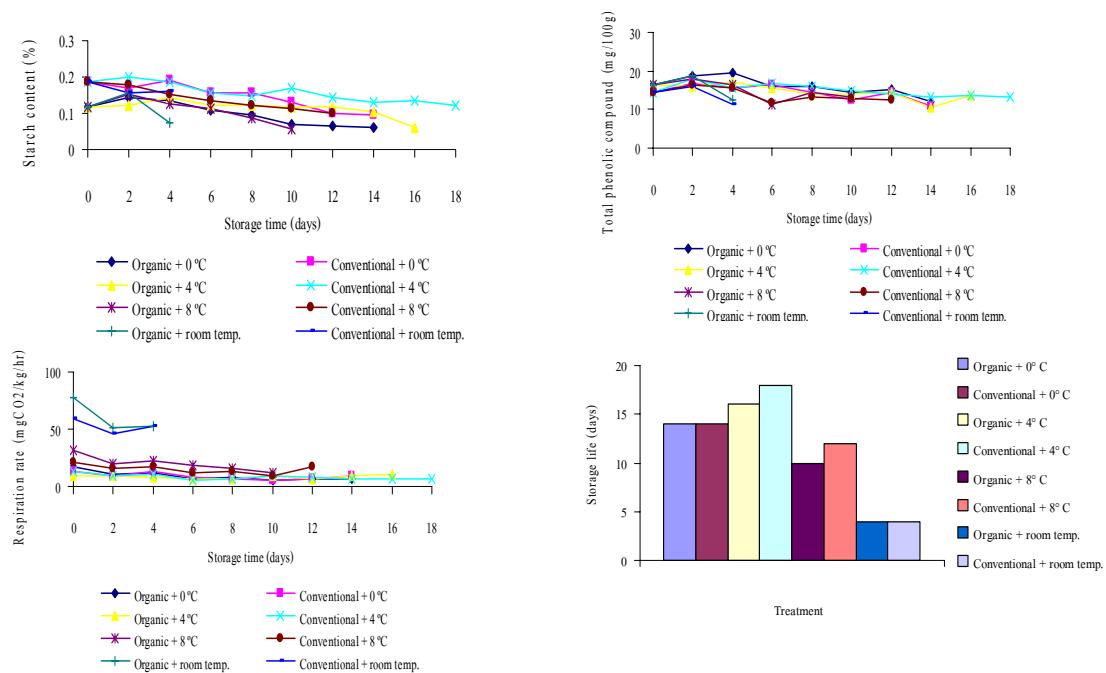


Figure 3 Starch content, total phenolic compound, respiration rate and shelf life of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature.

Bordeleau *et al.* (2007) พบว่า มะเขือเทศที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามะเขือเทศผลิตแบบระบบปกติถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Woese *et al.* (1997) ที่พบว่ามันฝรั่งที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามันฝรั่งที่ผลิตในระบบปกติ นอกจากนี้ข้าวโพดหวานที่ผลิตในระบบอินทรีย์และปกติมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณวิตามินซีของผลผลิตนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะการสุก เวลาในการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว สภาพอากาศ ความชื้นในดิน และธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน (Warman and Harvard, 1998) ระบบการผลิตในเกษตรอินทรีย์ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้มีธาตุอาหารในดินน้อยกว่าระบบการผลิตแบบเกษตรปกติ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ คือ 16.34 ± 2.80 และ 14.46 ± 2.24 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Heaton (2001) ที่รายงานว่า ผักและผลไม้ที่ผลิตในระบบอินทรีย์ 5 ชนิด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงกว่าที่ผลิตในระบบปกติ สารประกอบฟีนอลเป็นสาร secondary metabolites ที่พืชจะสร้างสารนี้ขึ้นมาเมื่อได้รับสภาวะเครียด เช่น เจริญเติบโตในสภาพแล้ง ถูกโรคและแมลงเข้าทำลาย การป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช พืชที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์ต้องมีการป้องกันตนเองจากโรคและแมลง และการผลิตพืชในสภาพธรรมชาติหรือในระบบอินทรีย์ถือว่าพืชได้รับสภาวะเครียด (Brandt and Molgaard, 2001) กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณสารสูงกว่กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีใด ๆ ทั้งสิ้น จึงทำให้กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ได้รับธาตุอาหารปริมาณน้อยกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติที่ได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอจากปุ๋ยเคมี ธาตุอาหารที่พืชได้รับนั้นนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยตรงแล้วยังเป็นองค์ประกอบของสารประกอบหลายชนิดที่มีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช รวมถึงเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดด้วย (จริงแท้, 2544) ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้พบว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณสารสูงกว่กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ อาจเป็นเพราะว่า

กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ดีกว่า และเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสาร triose phosphate ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ตัวแรกที่ได้จากการสังเคราะห์แสงให้มาอยู่ในรูปสารคาร์โบไฮเดรตหรือสตาร์ชได้ดีกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์

ขณะที่การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิห้องทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด และมีอัตราการหายใจสูงสุด คือ 3.09 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ และ 53.12 ± 5.88 มิลลิกรัม CO_2 /กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ 2) สอดคล้องกับการทดลองของ Porter *et al.* (2003) ซึ่งพบว่ากะหล่ำปลีสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ภาพที่ 1) เพราะในสภาพที่อุณหภูมิสูงจะทำให้อากาศสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น ผลผลิตจึงสูญเสียน้ำให้บรรยากาศโดยรอบได้ง่าย การลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของอากาศลดลง (दनัย, 2540) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต ขนาดของผลผลิต องค์ประกอบและโครงสร้าง อุณหภูมิในห้องเก็บรักษา ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเก็บรักษา และการไหลเวียนของอากาศในห้องเก็บรักษา (Ryall and Pentzer, 1974) นอกจากนี้การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิห้องยังทำให้สารประกอบฟีนอลมีปริมาณคงเหลือน้อยที่สุด และมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด คือ 11.81 ± 1.25 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และ 4.00 ± 0.16 วัน ตามลำดับ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดอัตราการหายใจของผลผลิต เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้กระบวนการหายใจเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ผลผลิตเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว (Kader and Morris, 1978) การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้กะหล่ำปลีมีปริมาณสารสูงกว่ และอายุการเก็บรักษานานกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 0.17 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ 16.40 ± 1.38 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และ 17.00 ± 1.09 วัน ตามลำดับ ส่วนอัตราการหายใจมีค่าต่ำสุด คือ 9.58 ± 4.26 มิลลิกรัม CO_2 /กิโลกรัม/ชั่วโมง (ตารางที่ 2 และ 3) การเก็บรักษากะหล่ำปลีที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจต่ำ สามารถชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ให้เกิดช้าลง ส่งผลให้การสลายตัวของสารประกอบ

ต่าง ๆ เกิดช้าลง และคงสภาพผลิตผลได้นานขึ้น (दनัยและนิธิยา, 2548) แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณสารพิษและปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 2) ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะใช้สตาร์ชที่มีสะสมอยู่เป็นสารตั้งต้นในการหายใจ (จริงแท้, 2544) ซึ่งกะหล่ำปลีที่ใช้ในการทดลองยังมีการหายใจอยู่ตลอดเวลา ทำให้ปริมาณสารพิษที่มีสะสมอยู่ลดน้อยลง ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลมีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ชักน้ำให้เกิดเอทิลีน ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ เมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอล ส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอลทำให้สารประกอบ ฟีนอลลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Ke and Saltveit, 1989) การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมลงได้ (दनัยและนิธิยา, 2548) ทำให้สูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง

การทดลองที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารและโปรตีนที่ละลายได้ของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และระบบปกติ

กะหล่ำปลีพันธุ์ PR1 ที่ผลิตในระบบอินทรีย์และที่ผลิตในระบบปกติ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา (0 วัน) กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุเหล็กเท่ากับ 3.45 ± 0.26 และ 9.61 ± 0.99 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Woese *et al.* (1997) ที่ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในพืช 8 ชนิด พบว่าพืชที่ผลิตในระบบอินทรีย์และที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณธาตุเหล็กแตกต่างกัน ส่วนกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุเหล็กเท่ากับ 4.19 ± 0.04 และ 10.03 ± 0.25 กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ในขณะที่กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ไม่แตกต่างกับกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ (ตารางที่ 4)

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่า ระบบการผลิตไม่มีผลต่อปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (ตารางที่ 5)

Mader *et al.* (1993) ได้ศึกษาหาปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของพืชที่ผลิตในระบบที่ต่างกัน 3 ระบบ พบว่า พืชที่ผลิตโดยการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมน้อยกว่าพืชที่ผลิตโดยการใส่ปุ๋ยในระดับต่างกันอีก 2 ระบบ ถึง 15 เปอร์เซนต์ แต่พบว่าปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมของพืชที่ผลิตโดยทั้ง 3 ระบบ ไม่แตกต่างกัน และผลการศึกษาของ Woese *et al.* (1997) พบว่า มันฝรั่งที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่ามันฝรั่งที่ผลิตในระบบปกติ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่าปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมอยู่ในกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตจากทั้ง 2 ระบบนั้นได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่ไม่ต่างกัน ถึงแม้ว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์จะไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี แต่อาจได้รับธาตุอาหารจากปุ๋ยคอกหรืออินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดินได้อย่างพอเพียง

สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำกะหล่ำปลีเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ทำให้กะหล่ำปลีมีอายุการเก็บรักษานาน 14.00, 17.00, 11.00 และ 4.00 วันตามลำดับ กะหล่ำปลีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีปริมาณสารพิษสูง มีอัตราการหายใจต่ำ และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่า แต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซ์ สตาร์ชน้อยกว่า และมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ นอกจากนั้นกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และธาตุเหล็กน้อยกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ

Table 4 Total nitrogen, total phosphorus, total potassium, total calcium, total iron, total boron and total protein of organic and conventional cabbages stored at room temperature for 0 day.

Treatment	Total nitrogen (g/100 g)	Total phosphorus (g/100 g)	Total potassium (g/100 g)	Total calcium (g/100 g)	Total magnesium (g/100 g)	Total iron (g/100 g)	Total boron (1/1 milion)	Total protein (mg/g)
Production system								
Organic	3.45±0.26 ^{1/b}	0.61±0.01	3.98±0.14	5.71±0.46	0.37±0.01	9.61±0.99 b	21.00±6.73	1.70±0.02
Conventional	4.19±0.04 a	0.67±0.04	4.21±0.51	5.02±0.22	0.45±0.05	10.03±0.25 a	15.13±5.56	1.73±0.04
2- tail-Sig	0.047	0.282	0.495	0.079	0.051	0.002	0.309	0.309

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant , ns = non-significant

Table 5 Total nitrogen, total phosphorus, total potassium, total calcium, total iron, total boron and total soluble protein of organic and conventional cabbages stored at room temperature for 4 days.

Treatment	Total nitrogen (g/100 g)	Total phosphorus (g/100 g)	Total potassium (g/100 g)	Total calcium (g/100 g)	Total magnesium (g/100 g)	Total iron (g/100 g)	Total boron (1/1 milion)	Total protein (mg/g)
Production system								
Organic	3.63±0.63	5.71±0.46	5.01±0.57	5.40±0.14	0.39±0.07	9.98±0.22	20.80±1.77	1.68±0.02
Conventional	4.06±0.18	5.02±0.22	4.43±0.21	5.59±0.11	0.47±0.09	10.04±4.18	20.30±5.05	1.70±0.03
2- tail-Sig	0.318	0.079	0.170	0.136	0.337	0.816	0.884	0.375

เอกสารอ้างอิง

- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- दनัย บุญยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 226 หน้า
- दनัย บุญยเกียรติ และนิธิยา รัตนพานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- Beharrell, B. and J. H. MacFie. 1991. Consumer attitudes to organic foods. British Food Journal 93: 25-30.

- Bordeleau, G., I. Myers-Smith, M. Midak and A. Szeremeta. 2007. Food Quality: A comparison of organic and conventional fruits and vegetables. (Online). Available: <http://kursus.kul.dk/shares/ea/03Projects/32gamle2002/FoodQualityFinal.pdf> (January 24, 2007).
- Brandt, K. and J. P. Molgaard. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. Journal of the Science of Food and Agriculture 31: 924-931.

-
- Heaton, S. 2001. Organic Farming, Food Quality and Human Health: A Review of the Evidence. Soil Association, Bristol, U.K.
- Hodge, J. E. and B. T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. pp. 380-394. In: R. L. Whistler and M. L. Wolfram (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. 1. Academic Press, New York.
- Kader, A. A. and L. L. Morris. 1978. Prompt handling reduces processing-tomato losses. California Agriculture 32(5): 21-22.
- Ke, D. and M. E. Saltveit. 1989. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. Physiologia Plantarum 76: 412-418.
- Ketsa, S. and S. Atantee. 1998. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. Postharvest Biology and Technology 14: 117-124.
- Khalafalla, M. S. and A. Palzkill. 1990. Seasonal patterns of carbohydrates and proline in jojoba clones that differ in frost susceptibility. HortScience 25(1): 103-105.
- Mader, P., L. Pfiffner, U. Niggli, U. Balzer, F. Balzer, K. Plochberger, A. Velimirov and J. M. Besson. 1993. Effects of three farming systems (bio-dynamic, bio-organic, conventional) on yield and quality of beet root (*Beta vulgaris* L. var. *esculenta* L.) in a seven year crop rotation. Acta Horticultural. 339: 10-31.
- Porter, K. L., A. Klieber and G. Collins. 2003. Chilling injury limits low temperature storage of 'Yuki' Chinese cabbage. Postharvest Biology and Technology 28: 153-158.
- Ryall, A. L. and W. T. Pentzer. 1974. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Vol. 2. AVI Publishing Company Inc., Westport. 537 pp.
- Smith, L. 1995. Calculations for Research Experiments Using Stored Fruit. Volume 1. Queensland Department of Postharvest Industries Horticulture Group, Hamilton, Queensland, Australia. 34 pp.
- Warman, P. R. and K. A. Harvard. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agriculture, Ecosystems and Environment 68: 207-216.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 245 pp.
- Woese, K., D. Lange, C. Boess and K. W. Bogl. 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods- results of a review of the relevant literature. Journal of the Science of Food and Agriculture 74(3): 281-293.
- Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. The Journal of Alternative and Complementary Medicine 7(2): 161-173.
-

จำนวนโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีด้วย วิธีการเพิ่มชุดโครโมโซม โดยใช้โคลชิซิน

Chromosome Number of Irradiated Sesame by Chromosome Doubling Technique Using Colchicine

ณัฐชานันท์ พันธุ์อิม^{1/} และ ณัฐา โพธาภรณ์^{1/}
Natchanun Pan-im^{1/} and Nuttha Potapohn¹

Abstract: Chromosome number of irradiated sesame by chromosome doubling technique using colchicines was studied. Suitable method for chromosome count was tested. It was found that root tip collected at 08:30-09:30 am, pre-treatment durations in para-dichlorobenzene (PDB) of 1.5 hours and staining durations in carbol fuchsin of 24 hours, gave the best result. The results showed that colchicine had no effect on chromosome number, $2n = 2x = 26$, except for one plant of line $N_1S_3C_1$, $2n = 4x = 52$.

Keywords: *Sesamum indicum* Linn., chromosome, colchicine

บทคัดย่อ: การศึกษาโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีแล้วนำไปเพิ่มชุดโครโมโซม โดยใช้สารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 0.5 % (c_v) w/w และได้มีการทดลองหาวิธีการนับจำนวนโครโมโซมที่เหมาะสม พบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากงา คือ 08:30 – 09:30 น. ระยะเวลาในการหยุดงชีพของเซลล์โดยแช่ในสารละลาย para-dichlorobenzene (PDB) นาน 1.5 ชั่วโมง และระยะเวลาความยาวนานที่เหมาะสมของการย้อมสีปลายรากด้วยสารละลาย carbol fuchsin นาน 24 ชั่วโมง ให้ผลดี มีระยะการแบ่งตัวที่สามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ สารละลายโคลชิซินไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมของงาทุกสายพันธุ์ ($2n = 2x = 26$) ยกเว้น สายพันธุ์ $N_1S_3C_1$ ต้นที่ 5 มีจำนวนโครโมโซม $2n = 4x = 52$

คำสำคัญ: งา โครโมโซม โคลชิซิน

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

งา (*Sesamum indicum* Linn.) เป็นพืชล้มลุก ประเภทพืชน้ำมัน ที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้อยู่แล้ว สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ (วัชรวิ, 2542) หากมีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีสีดอกที่เข้มข้น ขนาดดอกใหญ่ขึ้น ลักษณะใบ และทรงต้นที่กะทัดรัดมากขึ้น ก็อาจเป็นทางเลือกใหม่ที่นำเอาไม้พื้นเมืองหรือไม้ที่มีการปลูกอยู่มาช้านานแล้ว นำมาใช้ประโยชน์ด้านไม้ดอกไม้ประดับ มีศักยภาพในเชิงเศรษฐกิจให้มากขึ้น

การศึกษาโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีแล้วนำมาเพิ่มชุดโครโมโซม โดยศึกษาผลของสารละลายโคลชิซินที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมของงา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงบางลักษณะต่องาที่เกิดขึ้น อาจจะทำให้ได้งาพันธุ์ใหม่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงไม้ดอกไม้ประดับได้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาโครโมโซมของงาจากเซลล์ของเนื้อเยื่อปลายรากด้วยวิธี Feulgen's squash ดัดแปลงโดยดวงทิพย์ (2539) และประภัสสร (2543) โดยการเก็บตัวอย่างปลายรากงาจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ N_1S_1 , N_1S_2 , N_1S_3 , N_1S_4 , N_2S_5 , N_2S_6 , N_2S_7 , N_2S_8 , N_2S_9 และ สายพันธุ์ N_3S_{10} ทั้งที่ได้รับสารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 0.5% (C_1) และไม่ได้รับสารละลายโคลชิซิน (C_0) รวม 20 กรรมวิธี ลงบนจานแก้วที่มีกระดาษรองเพื่อให้ความชื้นสายพันธุ์ละ 100 เมล็ด จำนวน 2 ขั้ว เมื่อเมล็ดงอกทำการเก็บตัวอย่างปลายรากโดยเลือกจากรากที่มีสีขาวขุ่น มีความยาว 5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างปลายรากในช่วงเวลา 07:00-07:30, 07:30-08:00, 08:00-08:30, 08:30-09:00, 09:00-09:30 หรือ 09:30-10:00 น. หยดงูชี่ฟของเซลล์โดยนำปลายรากเหล่านั้นลงแช่ในสารละลาย para-dichlorobenzene (PDB) ที่อุณหภูมิ 1.00, 1.50 หรือ 2.00 ซม. ที่อุณหภูมิ 15 – 18 องศาเซลเซียส แล้วล้างปลายรากให้สะอาดก่อนนำไปย่อยแยก

เซลล์ใน 1 N HCl ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ล้างด้วยน้ำแล้วย้อมสีเนื้อเยื่อใน carbol fuchsin แช่ไว้นาน 1, 4 หรือ 24 ชั่วโมง นำปลายรากที่ผ่านการย้อมสีแล้ววางบนแผ่นกระจก ใช้เข็มเขี่ยตัดเอามาเฉพาะปลายรากให้มีความยาว 1-2 มิลลิเมตร หยดสีลงไปอีก 1 หยด ขยี้ปลายรากแล้วใช้เข็มเขี่ยเคาะเนื้อเยื่อให้เซลล์กระจาย ปิดด้วยแผ่นปิดกระจกวางกระดาษซับบนแผ่นกระจกกดด้วยหัวแม่มือเพื่อให้เซลล์กระจายแล้วซับสีที่มากเกินไป ออก นำแผ่นกระจกไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เลือกเซลล์ที่นิวเคลียสมีการแบ่งตัวอยู่ในระยะ เมตาเฟส (metaphase) นับจำนวนโครโมโซม แล้วบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลอง

การศึกษาโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีแล้วนำมาเพิ่มชุดโครโมโซม โดยใช้สารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 0.5% (C_1) ของงาจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ N_1S_1 , N_1S_2 , N_1S_3 , N_1S_4 , N_2S_5 , N_2S_6 , N_2S_7 , N_2S_8 , N_2S_9 และ N_3S_{10} ทั้งที่ได้รับสารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 0.5% (C_1) และไม่ได้รับสารละลายโคลชิซิน (C_0) รวม 20 กรรมวิธี เมื่อนำมาศึกษาหาสภาพในการศึกษาที่เหมาะสม พบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างคือ 08.30-09.30 น. ระยะเวลาในการหยดงูชี่ฟของเซลล์ที่เหมาะสม คือ 1.5 ชั่วโมง และระยะความยาวนานที่เหมาะสมของการย้อมสีคือ 24 ชั่วโมง และเมื่อทำการศึกษาเซลล์ที่มีการแบ่งตัวแบบไมโทซิสในระยะเมตาเฟส พบว่า จำนวนโครโมโซมจากปลายรากงาเท่ากับ 26 (ตารางที่ 1) (ภาพที่ 1) ยกเว้นสายพันธุ์ $N_1S_3C_1$ ต้นที่ 5 ที่มีจำนวนโครโมโซม $2n = 4x = 52$ (ภาพที่ 2)

วิจารณ์

การศึกษาโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีแล้วนำมาเพิ่มชุดโครโมโซม โดยใช้สารละลายโคลชิซิน พบว่า การตรวจหาจำนวนโครโมโซมจากปลายรากงาในช่วงเวลา 08:30-09:30 น. ระยะเวลาในการหยดงูชี่ฟ

Table 1 Chromosome numbers of root tip (2n) of 10 sesame varieties after treated with 2 levels of colchicine.

Varieties	Chromosome number of sesame root tip after treated with	
	Colchicine 0% (C_0)	Colchicine 0.5% (C_1)
N_1S_1	$N_1S_1C_0 = 26$	$N_1S_1C_1 = 26$
N_1S_2	$N_1S_2C_0 = 26$	$N_1S_2C_1 = 26$
N_1S_3	$N_1S_3C_0 = 26$	$N_1S_3C_1 = 26$
N_1S_4	$N_1S_4C_0 = 26$	$N_1S_4C_1 = 26$
N_2S_5	$N_2S_5C_0 = 26$	$N_2S_5C_1 = 26$
N_2S_6	$N_2S_6C_0 = 26$	$N_2S_6C_1 = 26$
N_2S_7	$N_2S_7C_0 = 26$	$N_2S_7C_1 = 26$
N_2S_8	$N_2S_8C_0 = 26$	$N_2S_8C_1 = 26$
N_2S_9	$N_2S_9C_0 = 26$	$N_2S_9C_1 = 26$
N_3S_{10}	$N_3S_{10}C_0 = 26$	$N_3S_{10}C_1 = 26$

ของเซลล์โดยแช่ในสารละลาย PDB นาน 1.5 ชั่วโมง และระยะเวลายาวนานที่เหมาะสมของการย้อมสีปลายรากด้วยสารละลาย carbol fuchsin นาน 24 ชั่วโมง ให้ผลดีที่สุด ที่มีระยะการแบ่งตัวที่สามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ ซึ่งช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างปลายรากแตกต่างกันในแต่ละพืช นอกจากช่วงเวลาที่เหมาะสมมีผลต่อการตรวจหาจำนวนโครโมโซมในงาแล้ว สภาพอากาศ เช่น แสง และ อุณหภูมิ ยังมีผลต่อการหดตัวของโครโมโซม สำหรับผลการตรวจนับจำนวนโครโมโซมจากปลายรากงาทั้ง 10 สายพันธุ์ ทั้งที่ได้รับสารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 0.5% (C_1) และไม่ได้รับสารละลายโคลชิซิน (C_0) พบว่า มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ $2n = 2x = 26$ ซึ่งในการทดลองของวิฑูดา (2537) ที่ศึกษาผลของสารละลายโคลชิซินที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ double spathe ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.01, 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารละลายโคลชิซินไม่มีผลต่อจำนวนโครโมโซมเช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำเมล็ดงาที่เก็บได้จากต้นที่ได้รับสารละลายโคลชิซินมาปลูก พบว่างาสายพันธุ์ $N_1S_3C_1$ ต้นที่ 5 มีจำนวนโครโมโซมเปลี่ยนแปลงไป

จาก $2n = 2x = 26$ เป็น $2n = 4x = 52$ การที่จำนวนโครโมโซมเพิ่มเป็น 2 เท่านี้ เป็นผลเนื่องมาจากสารละลายโคลชิซินไปยับยั้งการทำงานของ spindle fiber ในระยะที่เซลล์มีการแบ่งตัวแบบไมโทซิสในระยะเมตาเฟส ซึ่งในการทดลองของรุ่งนภา (2547) ได้นำเมล็ดงาสายพันธุ์อำเภอลพบุรี มาทดลองให้ได้รับสารละลายโคลชิซิน ที่ระดับ 0.0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ได้รับสารใน ทุกวัน ทุก 3 วัน และทุก 5 วัน ผลการทดลอง พบว่า จำนวนวันของการออกดอกแรกช้าลง เมื่อได้รับสารละลายโคลชิซิน ที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิดปฏิสนธิระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโคลชิซิน และจำนวนวันต่อครั้งที่ใส่สาร เมล็ดที่ได้รับสารละลายโคลชิซิน ทุกวันในทุกความเข้มข้นไม่มีต้นใดรอดชีวิต จำนวนโครโมโซมของงาเพิ่มขึ้นจาก $2n = 2x = 26$ เป็น $2n = 4x = 52$ เมื่อใช้สารละลายโคลชิซิน ที่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ทุก 5 วัน สารละลายโคลชิซินที่ให้ไม่มีผลต่อสีดอกของงา แต่ขนาดดอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโคลชิซินเพิ่มขึ้น

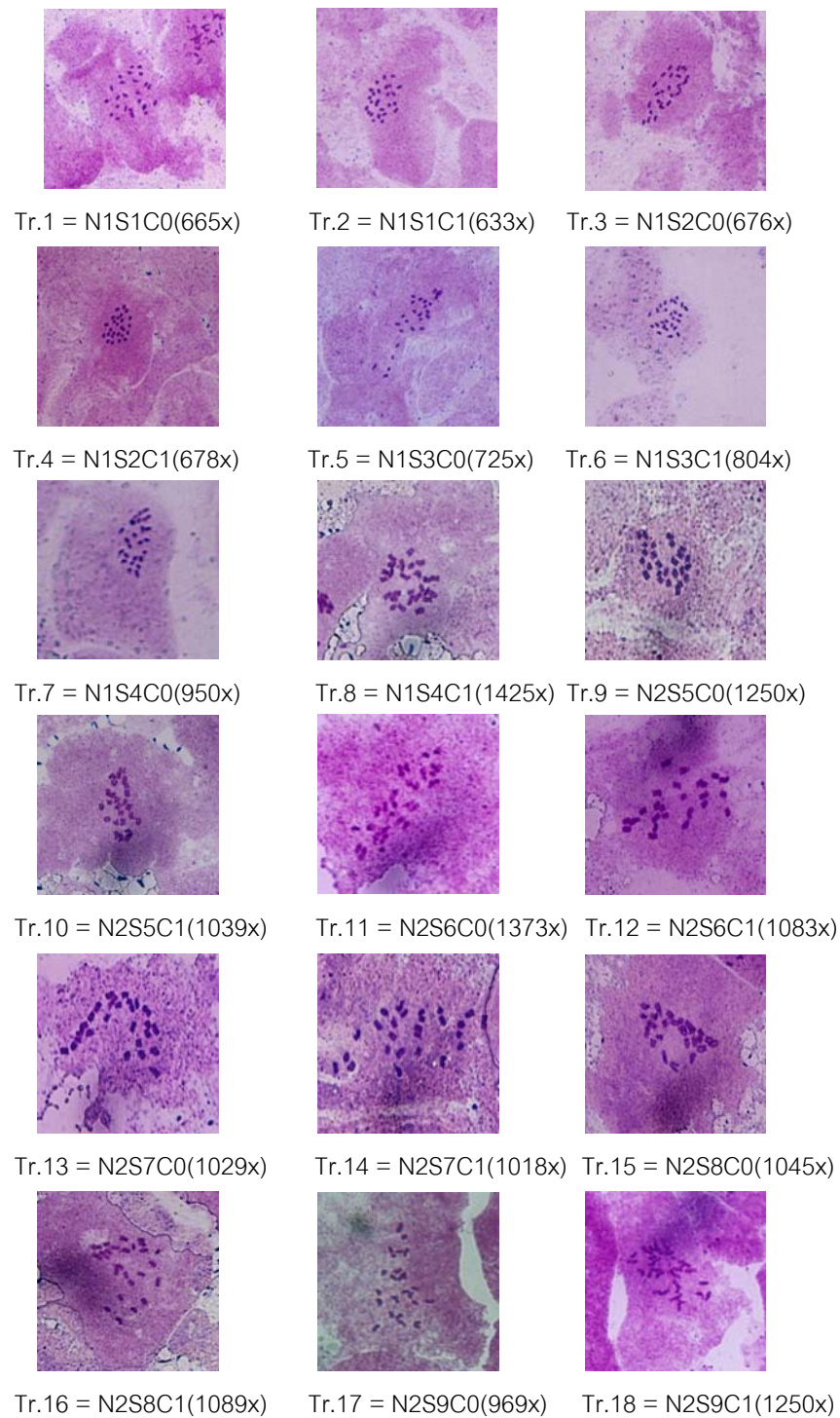


Figure 1 Chromosome count of 10 sesame varieties derived from root tip.

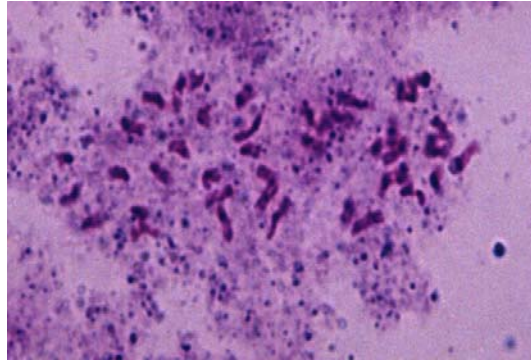


Figure 2 Chromosome count from plant no. 5 of sesame variety $N_1S_3C_1$ 5 showed $2n = 4x = 52$ (1430x).

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาโครโมโซมของงาที่ผ่านการฉายรังสีแล้วนำมาเพิ่มชุดโครโมโซม โดยใช้สารละลายโคลชิซิน พบว่า การตรวจหาจำนวนโครโมโซมจากปลายรากงา ในช่วงเวลา 08:30 – 09:30 น. ระยะเวลาในการหยุดวงจรของเซลล์โดยแช่ในสารละลาย paradichlorobenzene (PDB) นาน 1.5 ชั่วโมง และระยะเวลาความยาวนานที่เหมาะสมของการย้อมสีปลายรากด้วยสารละลาย carbol fuchsin นาน 24 ชั่วโมง ให้ผลดีที่สุดที่มีระยะการแบ่งตัวที่สามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ จำนวนโครโมโซมจากปลายรากงาทั้ง 10 สายพันธุ์ ทั้งที่ได้รับสารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 0.5% (C_1) และไม่ได้รับสารละลายโคลชิซิน (C_0) พบว่า มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ $2n = 2x = 26$ เมื่อนำเมล็ดงาที่เก็บได้จากต้นที่ได้รับสารละลายโคลชิซินมาปลูก พบว่า งาสายพันธุ์ $N_1S_3C_1$ ต้นที่ 5 มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มเป็น 2 เท่า คือ $2n = 4x = 52$

เอกสารอ้างอิง

- ดวงทิพย์ วิทย์ศักดิ์. 2539. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ภายวิภาควิทยา และเซลล์วิทยาของว่านสี่ทิศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 105 หน้า.
- ประภัสสร อารยะกิจเจริญชัย. 2543. การขยายพันธุ์ว่านสี่ทิศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 110 หน้า.
- รุ่งนภา แสงคำ. 2547. ผลของโคลชิซินที่มีต่อลักษณะภายนอกและจำนวนโครโมโซมของงาสายพันธุ์อำเภอปาย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 34 หน้า.
- วัชรวิ เลิศมงคล. 2542. พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 471 หน้า.
- วิษชุดา รุ่งเรือง. 2537. ผลของโคลชิซินและรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ 'Double Spathe' ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 76 หน้า.

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลิฟ พร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

Postharvest Quality of Minimally Processed Hydroponic Lettuce cv. Green Oak Leaf

วารินทร์ ใจวิเสน^{1/} และ ดนัย บุญเกียรติ^{1/}
Warin Jaivisen^{1/} and Danai Boonyakiat^{1/}

Abstract: The study on postharvest quality of minimally processed lettuce stored at 4°C for 3 days was conducted. The results showed that minimally processed lettuce grown under conventional system had weight loss, L* value, chroma, sensory quality, vitamin C content, chlorophyll b and nitrate content, which were not significant different from minimally processed lettuce grown under hydroponic system. Minimally processed lettuce grown under conventional system had more microbial count than the one grown under hydroponic system. Minimally processed lettuce grown under conventional system that dipped in 100 ppm sodium hypochlorite had more crispness and less microbial count, higher weight loss, lower vitamin C content, lower total soluble solids and shorter storage life than minimally processed lettuce that not dipped in sodium hypochlorite.

Keywords: Minimally process lettuce, hydroponic system, postharvest quality, sodium hypochlorite

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมพร้อมปรุงซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่า ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติมีการสูญเสียน้ำหนัก ค่า L^* ค่า chroma คุณภาพทางประสาทสัมผัส ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และปริมาณไนเตรตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ แต่ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบ ไฮโดรโปนิคส์ ส่วนผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ส่วนต่อล้านส่วน มีความกรอบมากกว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ปริมาณวิตามินซีและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า อีกทั้งยังมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์

คำสำคัญ: ผักกาดหอมพร้อมปรุง ระบบไฮโดรโปนิคส์ คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว โซเดียมไฮโปคลอไรท์

คำนำ

ผักกาดหอมเป็นผักชนิดหนึ่งที่นิยมผลิตในระบบ ไฮโดรโปนิคส์ (นพดล, 2538) ซึ่งสามารถนำมาบริโภคสดและประกอบอาหาร เนื่องจากการปลูกด้วยวิธีนี้ให้ผลผลิตสม่ำเสมอคงที่ สามารถควบคุมธาตุอาหารและมีการจัดการที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อพืชได้ ทำให้ผลผลิตมีขนาด รูปร่าง น้ำหนัก สม่ำเสมอ และสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล นอกจากนี้ยังทำให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว (ถวัลย์, 2534) ในขณะที่การปลูกพืชในระบบปกติมีขีดจำกัดเกี่ยวกับปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จึงทำให้พืชส่วนมากสามารถปลูกได้ดี ในฤดูหนาว เป็นสาเหตุให้ผลผลิตออกมาล้นตลาด และมีข้อเสียคือ ผักกาดหอมเป็นพืชที่เน่าเสียง่าย เพราะมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้หลังจากการเก็บเกี่ยว มีอัตราการคายน้ำและอัตราการหายใจสูง ทำให้เกิดการสูญเสียและเหี่ยวได้รวดเร็ว (นิพนธ์, 2547) และในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมผลิตผลที่ผ่านการแปรรูปพร้อมปรุง เนื่องจากทำให้สะดวกในการเตรียมอาหารและการตรวจสอบคุณภาพของผัก (Schlimme, 1995) ซึ่งเมื่อผลิตผลผ่านการแปรรูปจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเซลล์ของผักดังกล่าวอยู่ในสภาพที่ถูกทำลาย (Brecht, 1995) เพราะผลผลิตได้รับสภาพความเครียด และง่ายต่อการเข้าทำลายหรือเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (ถั่ววุฒิและคณะ, 2545) จึง

เป็นสาเหตุให้อายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายสั้น และผู้บริโภคยังขาดความมั่นใจเกี่ยวกับสารพิษตกค้างในผัก โดยเฉพาะสารประกอบพวกไนเตรต ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจกับสุขภาพกันมาก ซึ่งการรับประทานอาหารในชีวิตประจำวันมีผลโดยตรงต่อสุขภาพ (ดาร์วีนและคณะ, 2544) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลิฟพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์

อุปกรณ์และวิธีการ

ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลิฟที่ปลูกในระบบปกติและในระบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งเก็บเกี่ยวในระยะความแก่ทางการค้า จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ บรรจุกะถั่วพลาสติกกรองด้วยกระดาษฟูล์ฟัสขาว แล้วขนส่งมาโดยรถบรรทุกธรรมดาของมูลนิธิโครงการหลวงมาที่งานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง นำส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยรถขนส่งของมูลนิธิโครงการหลวง แล้วนำมาทำการทดลองทันที

วางแผนการทดลอง แบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย จำนวน 2×2 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตผัก 2 ระบบ คือ ผักที่ผลิตในระบบปกติ และผักที่ผลิตในระบบไฮโดรโปนิกส์

ปัจจัยที่ 2 การจุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 2 ระดับ คือ ผักที่จุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ส่วนต่อล้านส่วน และผักที่ไม่จุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์

นำผักกาดหอมที่ปลูกในระบบปกติและระบบไฮโดร-โปนิกส์ที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้าในช่วงเดือนกรกฎาคม มาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอตัดแต่งเอาใบที่ถูกทำลายด้วยโรคหรือแมลงหรือหักชำออก แยกแต่ละใบผักกาดหอมออก แล้วตัดส่วนโคนใบของผักกาดหอมทิ้งไปประมาณ 1 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณโคนของเส้นกลางใบมีความไวต่อการเกิดอาการจุดสีน้ำตาลแดงมาก (Ke and Saltveit, 1989; Loaiza-Velarde *et al.*, 1997) หลังจากนั้นนำผักกาดหอมพร้อมปรุงจุ่มลงในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน นาน 30 วินาที สะเด็ดน้ำด้วยเครื่องปั่น Spinner สำหรับผักใบ ชดเชยความชื้น คือ ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายคลอรีน แล้วนำผักกาดหอมจากทุกกรรมวิธีบรรจุลงถาดโฟม แล้วหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี คือ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนสี โดยใช้เครื่อง Chroma meter ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Kader *et al.* (1973) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Refractometer ปริมาณวิตามินซีโดยวิธี Indophenol ปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Whitham *et al.* (1971) ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Colorimetric และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total microbial count) คือ Enterobacteria ตามวิธีของ Kiss (1984) รายงานผลในรูปแบบ $\log_{10}$ จำนวนโคโลนี/กรัมน้ำหนักสด ($\log_{10}$ CFU/g) จนหมดอายุการเก็บรักษา

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คส์พร้อมปรุง แล้วเก็บรักษาไว้ที่

อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส นาน 3 วัน พบว่า ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.32 ± 1.03 และ 2.58 ± 1.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากปากใบมีผลต่อกระบวนการคายน้ำของพืช ซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อลักษณะฐานของปากใบพืชในพืชชนิดเดียวกันจะมีจำนวนปากใบต่อใบเท่ากันโดยมีลักษณะทางพันธุกรรมเป็นตัวกำหนด แม้ว่าพืชจะอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมต่างกัน ดังนั้น ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คส์ที่ปลูกในระบบต่างกัน จึงมีการคายน้ำไม่ต่างกัน (Willmer, 1983) ค่า L^* และค่า chroma ของผักกาดหอม พร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับค่า L^* และค่า chroma ของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยมีค่า L^* เท่ากับ 57.88 ± 2.49 และ 55.79 ± 5.10 ตามลำดับ และค่า chroma เท่ากับ 26.67 ± 3.73 และ 25.33 ± 4.62 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Siomos *et al.* (2001) ที่รายงานว่า ค่า L^* , a และ b ของผักกาดหอมพันธุ์ Plenty ที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดิน ไม่แตกต่างกับผักกาดหอมพันธุ์ Plenty ที่ปลูกในระบบปกติ (ตารางที่ 1)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติไม่แตกต่างกับการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.50 ± 0.53 และ 2.10 ± 0.32 คะแนน ตามลำดับ และระดับคะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติไม่แตกต่างกับระดับคะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.00 ± 0.00 และ 1.00 ± 0.00 คะแนน ตามลำดับ เนื่องจากกลิ่นและรสชาติเป็นสมบัติเฉพาะอย่างหนึ่ง โดยจะแตกต่างกันตามชนิดของผักและผลไม้ (दनัยและนิธิยา, 2548) โดยในกระบวนการสังเคราะห์สารระเหยของพืชชนิดเดียวกัน จะมีองค์ประกอบสำคัญที่เป็นสารชนิดเดียวกัน เป็นสาเหตุ ทำให้พืชชนิดเดียวกันมีกลิ่นไม่แตกต่างกัน แม้ว่าพืชจะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (กฤษณาและวิริยา, 2546; ยงยุทธ, 2546) และยังพบว่า

ความกรอบของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติ ไม่แตกต่างกับความกรอบของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.70 ± 0.48 และ 1.70 ± 0.48 คะแนน ตามลำดับ เนื่องจากผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในทั้งสองระบบมีการสูญเสีย น้ำ ไม่แตกต่างกัน เพราะน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะในเซลล์ของผักและผลไม้ จะมีปริมาณน้ำสูง ซึ่งมีผลต่อความเต่งของเซลล์พืช ดังนั้นจึง ส่งผลโดยตรงต่อความกรอบของผลผลิต (दनัย, 2540) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังกล่าว ทำให้คุณภาพ การยอมรับโดยรวม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.10 ± 0.74 และ 7.50 ± 0.53 คะแนน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอม พร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ (ตารางที่ 1)

ระบบการผลิตผักไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีในผักกาดหอมพร้อมปรุง โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 6.43 ± 0.79 และ 6.93 ± 1.04 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiesa *et al.* (2005) ที่พบว่า ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ไม่แตกต่างกับปริมาณกรดแอสคอร์บิกของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบปกติ ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติ มีค่าสูงกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.37 ± 0.38 และ 2.93 ± 0.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ได้รับธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ทำให้มีการเจริญเติบโตเร็ว ส่งผลให้มีจำนวนใบมากกว่า และขนาดของใบใหญ่กว่า ผักปกติ ซึ่งทำให้เกิดการบดบังแสงกันของใบ อาจส่งผลให้ การสังเคราะห์แสงน้อยลง จึงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบปกติ (ดิเรก, 2547; Mozafar, 1993; ยงยุทธ, 2546) นอกจากนี้ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ทำการเพาะปลูกในโรงเรือนพลาสติกใส ส่งผลให้ความเข้มของแสงลดลง ดังนั้นเมื่อความเข้มของแสงต่ำลงจึงเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลผลิต

ลดลงด้วย (นิพนธ์, 2543; ดนัยและนิตยา, 2548) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าเท่ากับ 0.04 ± 0.03 และ 0.15 ± 0.04 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.09 ± 0.08 และ 0.22 ± 0.05 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ferrante *et al.* (2003) ที่รายงานว่า rocket salad ที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดิน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด สูงกว่า rocket salad ที่ปลูกในดิน เนื่องจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะให้น้ำไปพร้อมกับธาตุอาหารในรูปของสารละลายธาตุอาหาร และควบคุมค่า pH และค่า EC ในสารละลายธาตุอาหาร ทำให้สารละลายธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยเฉพาะธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ของคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชมีสีเขียว นอกจากนี้แมกนีเซียมยังมีบทบาทในการดูดซึมธาตุอาหารและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืช (ดิเรก, 2547; Resh, 1991) (ตารางที่ 2) ส่วนปริมาณ ในเตรทของผักกาดหอมพันธุ์ Plenty ที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดิน มีค่าสูงกว่าปริมาณในเตรทของผักกาดหอมพันธุ์ Plenty ที่ปลูกในระบบปกติ (Siomos *et al.*, 2001) ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองในครั้งนี้ คือ ปริมาณในเตรทของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติไม่แตกต่างกับปริมาณในเตรทของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1,171.99 \pm 132.29$ และ $1,319.38 \pm 209.15$ มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ เนื่องจากการปลูกพืชในระบบ ไม่ใช้ดินมีปริมาณในเตรทในสารละลายธาตุอาหารเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของพืช และประเทศไทยมีแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน ในกระบวนการเจริญเติบโตของพืชเมื่อได้รับในเตรทเข้าไปแล้วพืชจะรีดิวซ์ในเตรทให้เป็นแอมโมเนีย เพื่อให้เปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปอินทรีย์สารต่อไป ซึ่งแสงมีผลต่อปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในกระบวนการนี้ให้เป็นไปตามปกติ ทำให้ไม่เกิดการสะสมของในเตรทในผลผลิต (ดิเรก, 2547) และแสงยังเป็นตัวกระตุ้นให้เอนไซม์ในเตรทรีดักเทสสามารถ ทำงานได้ ซึ่งเอนไซม์นี้จะมีกิจกรรมช้าลง

หรือไม่มีกิจกรรมเมื่อพืชอยู่ในที่มืด (Maynard and Barker, 1972) ส่วนผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติมีปริมาณ Enterobacteria มากกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.35 ± 0.10 และ $5.43 \pm 0.51 \log_{10} \text{CFU}/100$ กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เพราะการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถป้องกันเชื้อโรคที่ติดมาทางดินได้ ซึ่งการปลูกพืชในดินมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria*, *Shigella*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Clostridium* และ *Campylobacter* (Beuchat, 1996; Fain, 1996; Little et al., 1997) ซึ่งอาจติดมากับผัก นอกจากนั้นการปลูกพืชในดินมีการใช้ปุ๋ยคอกเพื่อเพิ่มผลผลิต หรือใช้ปุ๋ยหมัก ที่ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์และเกิดการปนเปื้อนได้ตั้งแต่ในแปลงปลูก แต่การปลูกพืชในระบบไม่ใช้ดินแต่ละครั้งก่อนปลูกพืชลงในระบบต้องทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไหลผ่านเข้าในระบบ ทำให้จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ลดลง และในสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่พืชที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดินมีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสามารถควบคุมเชื้อสาเหตุของการเกิดโรคพืช ที่มาจากกระบวนการให้สารละลายธาตุอาหารได้ (ดิเรก, 2547) (ตารางที่ 1) จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์มีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติ คือมีค่าเท่ากับ 7.17 ± 0.75 และ 4.17 ± 0.75 วัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Nicola et al. (2005) ที่รายงานว่าการปลูกพืชในระบบไม่ใช้ดินมีอายุการเก็บรักษานานกว่าพืชที่ปลูกบนดิน เนื่องจากพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอต่อความต้องการ และธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ซึ่งธาตุไนโตรเจนจำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในผักที่บริโภคใบ ทำให้อัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างพืชและไนโตรเจนที่เป็นอาหารสะสมของพืชเพิ่มมากขึ้น (Broadley et al., 2000) (ตารางที่ 3)

ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 100 ส่วนต่อล้านส่วน มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลาย

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.36 ± 0.78 และ 1.55 ± 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากในขั้นตอนการจุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ถือว่าเป็นขั้นตอนทำความสะอาดผลผลิต ซึ่งทำให้พืชตามธรรมชาติ เช่น คิวติเคิลหรือแว็กซ์ ที่เคลือบผลผลิตผลหลุดหายไป นอกจากนี้อาจจะทำให้โครงสร้างอื่น ๆ เช่น เลนติเซล (lenticel) เกิดความเสียหาย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าปกติ (จริงแท้, 2544) และผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความกรอบมากกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.00 ± 0.00 และ 1.40 ± 0.52 คะแนน ตามลำดับ เพราะผักบริโภคใบส่วนใหญ่มีจำนวนปากใบมากกว่าผักและผลไม้ชนิดอื่น ๆ และเมื่อผลผลิตผ่านกระบวนการหั่นขึ้นยังเป็นการเปิดช่องทางการลำเลียงของท่อน้ำและท่ออาหาร ดังนั้นเมื่อจุ่มผักกาดหอมพร้อมปรุงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ส่งผลให้เซลล์ของพืชเต่ง เนื่องจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เคลื่อนที่เข้าสู่ภายในเซลล์แทนที่น้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากการคายน้ำ ทำให้เกิดแรงดันขึ้นภายในเซลล์ (दनัย, 2540; จริงแท้, 2544) จึงเป็นสาเหตุทำให้ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความกรอบมากกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ตารางที่ 1)

ส่วนปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีค่าต่ำกว่าปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.26 ± 0.58 และ 7.10 ± 1.05 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ อาจมีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำ ซึ่งทำให้สูญเสียวิตามินซีได้ง่าย เพราะการสูญเสียน้ำมีผลไปเร่งกระบวนการออกซิไดซ์วิตามินซีให้เปลี่ยนเป็นสารอื่น (จริงแท้, 2544; สายชล, 2528) และผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.85 ± 0.28 และ 3.45 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความกรอบ ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำภายในเซลล์สูง ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ภายในเซลล์เจือจางลง

Table 1 Physical and Sensory quality of minimally process hydroponic lettuce cv. Green Oak Leaf stored at 4 °C for 3 days.

Treatment	Weight loss ^{1/} (%)	Color			Sensory quality				Total microbial count ^{1/} (log ₁₀ CFU/100 g)
		L *	Chroma	Hue (°) ^{1/}	Cut surface browning	Off odor	Crispness ^{1/}	Acceptable quality	
Factor 1 : Vegetable production system									
conventional	2.32±1.03	57.88±2.49	26.67±3.73	120.01±1.58 b	2.50±0.53	1.00±0.00	1.70±0.48	7.10±0.74	6.35±0.10 a
hydroponic	2.58±1.18	55.79±5.10	25.33±4.62	122.86±1.39 a	2.10±0.32	1.00±0.00	1.70±0.48	7.50±0.53	5.43±0.51b
Factor 2 ; Dipping in sodium hypochlorite									
Sodium hypochlorite 100 ppm	3.36±0.78 a	58.08±3.39	21.54±3.43	121.04±2.06	2.40±0.52	1.00±0.00	2.00±0.00 b	7.20±0.79	5.64±0.73 b
not dipping	1.55±0.25 b	55.59±4.43	24.46±4.38	121.83±2.08	2.20±0.42	1.00±0.00	1.40±0.52 a	7.40±0.52	6.14±0.31 a
Factor 1	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
Factor 2	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
Factor 1 x 2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

^{1/}Different letters in the same column of each factor denote significant differences at $P = 0.05$, * = significant, ns = non- significant

Table 2 Chemical quality of minimally process hydroponic lettuce cv. Green Oak Leaf stored at 4 °C for 3 days.

Treatment	Vitamin C ^{1/} (mg/100 g)	TSS ^{1/} (%)	Chlorophyll ^{1/}			Nitrate (mg/kg)
			Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	
			(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	
Factor 1 : Vegetable production system						
conventional	6.43±0.79	3.37±0.38 a	0.04±0.03 b	0.05±0.02	0.09±0.08 b	1,171.99±132.29
hydroponic	6.93±1.04	2.93±0.36 b	0.15±0.04 a	0.07±0.02	0.22±0.05 a	1,319.38±209.15
Factor 2 : Dipping in sodium hypochlorite						
sodium hypochlorite 100 ppm	6.26±0.58 b	2.85±0.28 b	0.09±0.05	0.04±0.02	0.13±0.07	1,152.87±141.12
not dipping	7.10±1.05 a	3.45±0.31 a	0.10±0.08	0.08±0.02	0.18±0.11	1,338.51±183.55
Factor 1	ns	*	*	ns	*	ns
Factor 2	*	*	ns	ns	ns	ns
Factor 1 x 2	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^{1/}Different letters in the same column of each factor denote significant differences at $P = 0.05$, * = significant, ns = non- significant

Table 3 Storage life of minimally process lettuce cv. Green Oak Leaf stored at 4°C

Treatment	Storage life ^{1/} (day)
Factor 1 : Vegetable production system	
conventional	4.17±0.75 b
hydroponic	7.17±0.75 a
Factor 2 : Dipping in sodium hypochlorite	
sodium hypochlorite 100 ppm	5.17±1.72 b
not dipping	6.17±1.72 a
Factor 1	*
Factor 2	*
Factor 1 x 2	ns

^{1/}Different letters in the same column of each factor denote significant differences at $P = 0.05$, * = significant, ns = non- significant

ภายในเซลล์เชื้ออาจลง เป็นสาเหตุทำให้ผักกาดหอม
พร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่มีปริมาณ
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผักกาดหอมพร้อม
ปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ส่วนปริมาณ
Enterobacteria ของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสาร

ละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ส่วนต่อล้านส่วน มีค่า
เท่ากับ $5.64 \pm 0.73 \log_{10} \text{CFU}/100 \text{ กรัม}$ น้ำหนักสด ซึ่งม
ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณ
Enterobacteria ของผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่ม
สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีค่าเท่ากับ 6.14 ± 0.31

$\log_{10}$ CFU/100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Souza *et al.* (2005) ที่พบว่า การแช่ผักกาดหอมห่อหุ้มขึ้น ในสารละลายไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0, 100 และ 150 ส่วนต่อล้านส่วน นาน 3 นาที สามารถลดจำนวนแบคทีเรียลงได้ เนื่องจากเมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ HOCl ซึ่งแตกตัวให้ OCl^- และ H^+ โดยที่ OCl^- นั้นมีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ (จริงแท้, 2544) เช่นเดียวกับ Behrsing *et al.* (2000) รายงานว่า การจุ่มสารละลายคลอรีนสามารถลดจำนวน *E. coli* ได้ เพราะคลอรีนทำให้ *E. coli* อยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำงานได้ แต่ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่จุ่มสารละลายไฮโปคลอไรท์ 100 ส่วนต่อล้านส่วน มีอายุการเก็บรักษาสัปดาห์ ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายไฮโปคลอไรท์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.17 ± 1.72 วัน และ 6.17 ± 1.72 วัน ตามลำดับ เนื่องจากผักกาดหอมห่อหุ้มขึ้นพร้อมบริโภคมีอายุการเก็บรักษาที่จำกัด เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลและผลิตผลถูกเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลาย (Bolin *et al.*, 1977; Priepke *et al.*, 1976) เพราะการจุ่มผักกาดหอมพร้อมปรุงในสารละลายไฮโปคลอไรท์ ถือว่าเป็นขั้นตอนทำความสะอาดผลผลิต ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องใช้แรงกดเพื่อให้ส่วนต่างๆ ของผักกาดหอมพร้อมปรุงทั้งหมดสัมผัสกับสารละลายไฮโปคลอไรท์อาจเป็นสาเหตุให้ผลิตผลเกิดบาดแผล ส่งผลให้ผักกาดหอมพร้อมปรุงเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังทำให้ใบที่เคลือบผลิตผลและโครงสร้างอื่นๆ เช่น เกล็ดเซลล์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนผิวของผลิตผลหลุดหายไป ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นมากกว่าปกติ (จริงแท้, 2544)

สรุป

ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ มีค่า hue และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่า และมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ปลูกในระบบปกติ แต่ระบบการปลูกผักไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียน้ำหนัก ค่า L^* ค่า chroma คุณภาพทางประสาทสัมผัส ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และปริมาณไนเตรท ส่วนการจุ่ม

สารละลายไฮโปคลอไรท์ 100 ส่วนต่อล้านส่วน ทำให้ผักกาดหอมพร้อมปรุงมีความกรอบเพิ่มขึ้น และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง แต่การจุ่มสารละลายไฮโปคลอไรท์มีผลทำให้ผักกาดหอมพร้อมปรุงสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ปริมาณวิตามินซีและปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า และมีอายุการเก็บรักษาสัปดาห์ ผักกาดหอมพร้อมปรุงที่ไม่จุ่มสารละลายไฮโปคลอไรท์

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา ภูตะคาม และวิริยา คณารักษ์. 2546. น้ำมันหอมระเหย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 150 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- ณัฐวุฒิ มาสกรานต์ วราภา มหากาญจนกุล และธนะบุญย์ สัจจอนันตกุล. 2545. การลดปริมาณ *Listeria monocytogenes* บนเปลือกผักด้วยสารละลายคลอรีนไดออกไซด์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33(6)(พิเศษ): 214-218.
- ดนัย บุญยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 226 หน้า.
- ดนัย บุญยเกียรติ และนิธิยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเคเนชั่น, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- ดารารัตน์ ศรีวิชัย เรื่องฤทธิ์ รัตนพัฒน์ สภาวะ ทองม่วง สามารถ ใจเตี้ย และอริสรา ทาแกง. 2544. เกษตรอินทรีย์ทางเลือกใหม่ของเกษตรกรชาวเชียงใหม่. หน้า 40. ใน: รายงานการสัมมนาวิชาการสาขาการจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

- ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการ
จัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจ
ในประเทศไทย. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี.
724 หน้า.
- ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
(Soiless culture). พรานนกการพิมพ์,
กรุงเทพฯ. 127 หน้า.
- นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. การปลูกพืชไร้ดิน. สหมิตร
พรินต์ติ้ง, กรุงเทพฯ. 100 หน้า.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. 2543. เอกสารประกอบการสอน
วิชาการผลิตผัก. สาขาพืชผัก ภาควิชาพืชสวน
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้,
เชียงใหม่. 131 หน้า.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. 2547. เทคโนโลยีการผลิตผัก
(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.mju.ac.th/fac-agr/hort/vegetable/> (26 ธันวาคม 2547).
- ยังยุทธ โอสถสภ. 2546. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424
หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการ
เก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ศูนย์ส่งเสริมและ
ฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 364
หน้า.
- Behrsing, J., S. Winkler, P. Franz and R. Premier.
2000. Efficacy of chlorine for inactivation of
Escherichia coli on vegetables. *Postharvest
Biology and Technology* 19: 187-192.
- Beuchat, L.R. 1996. Pathogenic microorganisms
associated with fresh produce. *Journal of
Food Protection* 59: 204-216.
- Bolin, H.R., A.E. Stafford, A.D. King, Jr. and C.C.
Huxsoll. 1977. Factors affecting the storage
stability of shredded lettuce. *Journal of
Food Science* 42 (5): 1319-1321.
- Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed
fruits and vegetables. *HortScience* 30(1):
18-22.
- Broadley, M.R., A.J. Escobar-Gutierrez, A. Burns and
I.G. Burns. 2000. What are the effects of
nitrogen deficiency on growth components
of lettuce. *New Phytologist* 147: 519-526.
- Chiesa, A., D. Frezza, S. Moccia, A. Obeti, A.
Fraschina and L. Diaz. 2005. Vegetable
production technology and postharvest
quality. *Acta Horticulturae* 682: 565-572.
- Fain, A.R. 1996. A review of the microbiological
safety of fresh salads. *Dairy, Food and
Environmental Sanitation* 16: 146-149.
- Ferrante, A., L. Incrocci, R. Maggini, F. Tognoni and
G. Serra. 2003. Preharvest and postharvest
strategies for reducing nitrate content in
rocket (*Eruca sativa*). *Acta Horticulturae*
628: 153-159.
- Kader, A.A., W.J. Lipton and L.L. Morris. 1973.
Systems for scoring quality of harvested
lettuce. *HortScience* 8(5): 408-409.
- Ke, D. and M.E. Saltveit, Jr. 1989. Regulation of
russet spotting, phenolic metabolism and
IAA oxidase by low oxygen in Iceberg
lettuce. *Journal of the American Society
for Horticultural Science* 114(4): 638-642.
- Kiss, I. 1984. *Testing Methods in Food Microbiology*.
Elsevier Science, Amsterdam. 447 pp.
- Little, C.L., H.A. Monsey, G.L. Nichols and J. de
Louvois. 1997. The microbiological quality
of refrigerated salads and crudités. *PHLS
Microbiology Digest* 14: 142-146.
- Loaiza-Velarde, J.G., F.A. Tomas-Barbera and M.E.
Saltveit. 1997. Effect of intensity and
duration of heat-shock treatments on
wound-induced phenolic metabolism in
iceberg lettuce. *Journal of the American
Society for Horticultural Science* 122(6):
873-877.

- Maynard, D.N. and A.V. Barker. 1972. Nitrate content of vegetable crops. HortScience 7(3): 224-226.
- Mozafar, A. 1993. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: A review. Journal of Plant Nutrition 16: 2479-2506.
- Nicola, S., E. Fontana, J. Hoeberechts and D. Saglietti. 2005. *Raphanus sativus* production in soilless or traditional culture systems and postharvest packaging. Acta Horticulturae 682: 1303-1309.
- Priepke, P.E., L.S. Wei and A.I. Nelson. 1976. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. Journal of Food Science 41: 379-382.
- Resh, H.M. 1991. Hydroponics Food Production. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara. 432 pp.
- Schlimme, D.V. 1995. Marketing lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30(1): 15-17.
- Siomos, A.S., G. Beis, P.P. Papadopoulou, P. Nasi, I. Kaberidou and N. Barbayiannis. 2001. Quality and composition of lettuce (cv. 'Plenty') grown in soil and soilless culture. Acta Horticulturae 548: 445-449.
- Souza, E.C., R.H. Piccoli, C.A. Boari, A.B. Chitarra and M.I.F. Chitarra. 2005. Fresh-cut lettuce: Use of different sanitation treatments to reduce microbial load. Acta Horticulturae 682: 1847-1850.
- Whitham, F.H., D.F. Blaydes and R.M. Devin. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold, New York. 245 pp.
- Willmer, C.M. 1983. Stomata. Longman Inc., New York. 166 pp.
-

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะ การเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ซี

Estimation of Genetic Parameters of Growth Traits in Thai Indigenous Chicken var. Chee

วุฒิชัย เคนไชยวงศ์^{1/} มนต์ชัย ดวงจินดา^{1/} บัญญัติ เหล่าไพบูลย์^{1/} และ เทวินทร์ วงษ์พระลับ^{1/}
Wootichai Kenchaiwong^{1/}, Monchai Duangjinda^{1/}, Banyat Laopaiboon^{1/} and Thevin Vongpralub^{1/}

Abstract: The objective of this study was to estimate genetic parameters of growth traits in Thai indigenous chicken (Chee). Data for growth traits were birth weight (Wt0), body weight at 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, and 32 weeks (Wt4, Wt8, Wt12, Wt16, Wt20, Wt24, Wt28, and Wt32), breast width at 16 weeks (Br16), and average daily grain (ADG0-16). A total of 33,722 records of all traits in Thai indigenous chicken (Chee) during year 2003-2006 were used in this analysis. The genetic parameters were estimated by REML using BLUPF90 Chicken PAK 2.5. The result showed that heritability of Wt16 and Br16 were 0.17 and 0.13. Genetic correlation (r_G) between Wt16 with Br16 was high positive (0.82). Therefore, upward selection for Wt16 lead to increase Br16. The r_G between body weight during 0-32 weeks were 0.18-0.99. For Thai indigenous chicken (Chee), the result showed that body weight since 20 weeks can select for weight at maturity (32 weeks).

Keywords: Genetic parameters, growth traits, Thai indigenous chicken (Chee)

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่ ลักษณะที่ศึกษาได้แก่ น้ำหนักแรกเกิด (Wt0), น้ำหนักตัวที่อายุ 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, และ 32 สัปดาห์ (Wt4, Wt8, Wt12, Wt16, Wt20, Wt24, Wt28, และ Wt32), ความกว้างอกที่ 16 สัปดาห์ (Br16), และอัตรา การเจริญเติบโตเฉลี่ย (ADG0-16) ใช้ข้อมูลไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่รวมทุกลักษณะ 33,722 บันทึก ซึ่งรวบรวมตั้งแต่ปี 2546-2549 ประเมินค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี REML โดยโปรแกรม BLUPF90-Chicken PAK 2.5 ผล การศึกษาพบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะ Wt16 และ Br16 มีค่าเท่ากับ 0.17 และ 0.13 ค่าสหสัมพันธ์ทาง พันธุกรรม (r_G) ระหว่าง Wt16 กับ Br16 มีค่าบวกในระดับสูงคือ 0.82 ดังนั้นการคัดเลือกให้ Wt16 สูงขึ้นจะส่งผลดีต่อ ลักษณะ Br16 ส่วนค่า r_G ระหว่างน้ำหนักตัวตั้งแต่ 0-32 สัปดาห์ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.18-0.99 จากการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าสำหรับประชากรไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่ การปรับปรุงลักษณะน้ำหนักเนื้อเป็นหนุ่มเป็นสาว (32 สัปดาห์) สามารถคัดเลือกโดยใช้ลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุตั้งแต่ 20 สัปดาห์ขึ้นไป

คำสำคัญ: พารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ลักษณะการเจริญเติบโต ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่

คำนำ

ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่เป็นไก่ที่มีสีขาวปลอด คล้ายกับไก่เนื้อทางการค้า ลักษณะดังกล่าวทำให้ซาก หลังถอนขนดูสะอาดขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญหากต้องการ ผลิตไก่เพื่อการส่งออก นอกจากนี้ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่ ยังมีคุณสมบัติโดดเด่นในเรื่องของคุณภาพเนื้อ จึง เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นสายพันธุ์ไก่เนื้อของ ประเทศไทย อย่างไรก็ตามไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี่มีข้อด้อย ในเรื่องการเจริญเติบโต มีน้ำหนักตัวที่ต่ำกว่าไก่พื้น เมืองไทยพันธุ์อื่น (กองบำรุงพันธุ์สัตว์, 2549) ดังนั้นการ ปรับปรุงพันธุ์จึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อแก้ไขปัญหา อย่างยั่งยืน การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ให้มีประสิทธิภาพและ บรรลุเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วนั้นจำเป็นต้องทราบ ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม โดยค่าดังกล่าวนำไปสู่การ ประเมินค่าการผสมพันธุ์ (EBV) เพื่อใช้ในการคัดเลือก ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสามารถบอกให้ทราบถึง ผลของการคัดเลือกในลักษณะหนึ่งเกิดผลกระทบอย่างไร กับอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการคัดเลือก ร่วมหลายลักษณะ (index selection) ในการศึกษา ลักษณะการเจริญเติบโตมีหลายลักษณะที่ใช้ในการ ปรับปรุงพันธุ์ น้ำหนักตัวที่อายุตั้งแต่ 12 - 16 สัปดาห์ เป็น น้ำหนักที่ตรงตามความต้องการของตลาด (ธีระชัย และ คณะ, 2550) และลักษณะความกว้างอกที่บอกถึงปริมาณ

เนื้อหน้าอกที่มากขึ้นตามความกว้างอก ดังนั้นในการ ปรับปรุงด้านการเจริญเติบโตจึงพิจารณาสองลักษณะ ดังกล่าวเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้ำหนักที่ใช้สำหรับคัดเลือก ไก่พื้นเมืองไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์จะใช้น้ำหนักตัวเมื่อเป็นหนุ่ม เป็นสาว (ทวี และคณะ, 2549) อายุที่ไก่พื้นเมืองเป็นหนุ่ม เป็นสาว บัญญัติ (2535) และ ศิริพันธ์ และคณะ (2540) รายงานว่าอายุเมื่อเป็นหนุ่มเป็นสาวหรืออายุเมื่อให้ไข่ ฟองแรกอยู่ในช่วง 212 - 222 วัน ซึ่งในการคัดเลือกพ่อ แม่พันธุ์จำเป็นต้องเลี้ยงให้ถึงอายุดังกล่าวก่อนจึงจะ คัดเลือกได้ อย่างไรก็ตามหากทราบน้ำหนักตัวที่อายุใดมี ความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวเมื่อเป็นหนุ่มเป็นสาวก็ สามารถลดระยะเวลาในการคัดเลือกและการเลี้ยงฝูงพ่อ แม่พันธุ์ได้ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ดังกล่าวจากค่า สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงมี วัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตในไก่พื้น เมืองไทยพันธุ์ชี่

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลของลักษณะการเจริญเติบโตของไก่พื้น เมืองไทยพันธุ์ชี่ ได้แก่ น้ำหนักตัวที่อายุ 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, และ 32 สัปดาห์ (Wt0, Wt4, Wt8, Wt12,

Wt16, Wt20, Wt24, Wt28, และ Wt32), ความกว้างอกที่ 16 สัปดาห์ (Br16), และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยในช่วง 0 - 16 สัปดาห์ (ADG0-16) ข้อมูลรวบรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – 2549 ภายใต้สภาพการเลี้ยงของสถานีวิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ท่าพระ ความกว้างอกวัดที่ตำแหน่ง 3 เซนติเมตรเหนือแนวของกระดูกอก (keel bone) จัดทำแฟ้มข้อมูลได้แก่ หมายเลขประจำตัวสัตว์ วัน – เดือน – ปี เกิด เพศ ชั่วรุ่น รุ่นที่ฟัก และข้อมูลค่าสังเกต ส่วนแฟ้มพันธุ์ประวัติ (pedigree file) ประกอบด้วย หมายเลขตัวสัตว์ หมายเลขพ่อ หมายเลขแม่ และปีที่สัตว์เกิด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและตรวจสอบการกระจายและการแจกแจงของข้อมูล โดยพิจารณาการแจกแจงจากความใกล้เคียงกันของค่ากลาง (mean, mode และ median) ค่าความเบ้ (skewness) และค่า W-Normal เพื่อลบข้อมูลที่ผิดปกติที่สูงหรือต่ำเกินจริงออกจากฐานข้อมูล โดยใช้คำสั่ง PROC UNIVARIATE ด้วยโปรแกรม SAS (1998) ทำการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยคงที่ (fixed effect) เพื่อนำปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อค่าสังเกตไปปรับในโมเดลของขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Best Linear unbiased Predictor (BLUP) ด้วยการวิเคราะห์ animal model ด้วยโปรแกรม SAS (1998) ซึ่งใช้คำสั่ง PROC MIXED ซึ่งสามารถจำแนกปัจจัยคงที่ออกเป็นอิทธิพลคงที่เนื่องจากเพศ และอิทธิพลคงที่เนื่องจากกลุ่มการจัดการ (contemporary groups) ได้แก่ ชั่วรุ่น (generation) และรุ่นที่ฟัก ส่วนปัจจัยสุ่มจำแนกเป็นอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์และความคลาดเคลื่อน โดยมีโมเดลสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

$$y_{ijk} = \mu + S_i + CG_j + A_k + e_{ijk}$$

โดยที่ y_{ijk} คือ ลักษณะปรากฏในสัตว์ตัวที่ k เพศที่ i CG ที่ j, μ คือ ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา, S_i คือ อิทธิพลคงที่เนื่องจากเพศที่ i, CG_j คือ อิทธิพลคงที่เนื่องจากกลุ่มการจัดการ (contemporary groups) ที่ j, A_k คือ อิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ที่ k และ e_{ijk} คือ อิทธิพลสุ่มเนื่องจากความคลาดเคลื่อน (error)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน (variance component) โดยใช้วิธี Restriction Maximum Likelihood (REML) โดยใช้การวิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะ (multivariate analysis) โดยประเมินภายใต้โมเดลตัวสัตว์ (animal model) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90 Chicken PAK 2.5 (Duangjinda *et al.*, 2005) โดยมีโมเดลในการวิเคราะห์ดังนี้

โมเดลที่ 1: การศึกษาพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ณ อายุจับขาย

$$y_1 = X_1\beta_1 + Z_1a_1 + \varepsilon_1$$

$$y_4 = X_4\beta_4 + Z_4a_4 + \varepsilon_4$$

โมเดลที่ 2: การศึกษาพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุต่าง ๆ

$$y_1 = X_1\beta_1 + Z_1a_1 + \varepsilon_1$$

$$y_9 = X_9\beta_9 + Z_9a_9 + \varepsilon_9$$

โดยมีข้อกำหนดคือ

$$\text{var} \begin{bmatrix} a \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 \\ 0 & R \otimes I \end{bmatrix}$$

เมื่อ $y_1, \dots, y_4$ ของโมเดลที่ 1 คือเวกเตอร์ค่าสังเกตของลักษณะ Wt0, Wt16, Br16, และ ADG0 - 16 และ $y_1, \dots, y_9$ ของโมเดลที่ 2 คือเวกเตอร์ค่าสังเกตของลักษณะ Wt0, Wt4, Wt8, Wt12, Wt16, Wt20, Wt24, Wt28, และ Wt32, β คือ เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่เนื่องจากเพศและกลุ่มการจัดการ, a คือ เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์, ε คือเวกเตอร์ของอิทธิพล

สุมเนื่องจากความคลาดเคลื่อน, G และ R คือเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของเวกเตอร์ a และ ε , A คือ เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์, และ X_i, Z_i คือเมตริกซ์ที่มีความสัมพันธ์กับการปรากฏของอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุมเนื่องจากตัวสัตว์ของลักษณะที่ i

ผลการทดลองและวิจารณ์

อิทธิพลคงที่

จากการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่เนื่องจากกลุ่มการจัดการ ที่ประกอบด้วย ชั่วรุ่น และรุ่นที่ฟัก พบว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษาทุกลักษณะ สอดคล้องกับการศึกษาอิทธิพลคงที่เนื่องจากปัจจัยของ ชั่วรุ่น และรุ่นที่ฟัก ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว (ธีระชัย และคณะ, 2550) ส่วนอิทธิพลคงที่เนื่องจากเพศ พบว่า มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัวตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไป สอดคล้องกับ การศึกษาในไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ ที่พบอิทธิพลเนื่องจากเพศต่อลักษณะน้ำหนักตัวเช่นกัน (ทวี และคณะ, 2549) โดยค่าเฉลี่ยของ $Wt0, Wt4, Wt8, Wt12, Wt16, Wt20, Wt24, Wt28, Wt32, Br16$, และ $ADG0 - 16$ ในเพศผู้และเพศเมีย แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเพศผู้และเพศเมีย พบว่าน้ำหนักตัวที่อายุ 0 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างระหว่างสองเพศ แต่ความแตกต่างระหว่างสองเพศจะเกิดขึ้นตั้งแต่อายุ 4 สัปดาห์ขึ้นไป โดยในเพศผู้มีน้ำหนักตัวสูงกว่าในเพศเมีย เช่นเดียวกับ $ADG0 - 16$ และ $Br16$ พบว่าในเพศผู้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในเพศเมีย สอดคล้องกับ อำนวย และคณะ (2539) รายงานว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ ไม่มีความแตกต่างระหว่างน้ำหนักตัวของทั้งสองเพศ แต่จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสองเพศที่อายุตั้งแต่ 4 – 24 สัปดาห์ โดยในเพศผู้มีน้ำหนักตัวมากกว่าในเพศเมีย ดังนั้นสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์ เป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการพิจารณาในการแยกเพศไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรมแสดงในตารางที่ 2 การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของ $Wt0$ มีค่าปานกลางคือ 0.35 สอดคล้องกับ อำนวย (2542) และ ธีระชัย และคณะ (2550) ที่รายงานไว้ในไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.35 - 0.53 ค่าอัตราพันธุกรรมของ $Wt16$ มีค่าค่อนข้างต่ำคือ 0.17 โดยค่าที่ได้ต่ำกว่าการประมาณจากฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว พันธุ์ประดู่หางดำ และพันธุ์แดงแยกเพศ ซึ่งรายงานค่าอยู่ในช่วงปานกลางคือ 0.25 - 0.51 (ธีระชัย และคณะ, 2550; ทวี และคณะ, 2549; ประพฤทธิ์ และคณะ, 2549) ค่าอัตราพันธุกรรมของ $ADG0 - 16$ มีค่าปานกลาง 0.21 สอดคล้องกับ Prado - Gonzalez *et al.* (2003) รายงานว่าอัตราการเจริญเติบโตที่อายุ 4-16 สัปดาห์ในไก่พื้นเมืองของประเทศเม็กซิโก มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วงปานกลางคือ 0.22 - 0.44 แสดงว่าอิทธิพลทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะ $ADG0 - 16$ ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการปรับปรุงลักษณะนี้ต้องให้ความสำคัญกับอิทธิพลทั้งสองส่วนไปพร้อม ๆ กัน ค่าอัตราพันธุกรรม $Br16$ จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 0.13 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับ จเร และดุริณี (2549) ที่ศึกษาในไก่พื้นเมืองพันธุ์แดงรุ่นที่ 1 - 3 มีค่าในระดับต่ำเช่นเดียวกัน (0.12) แสดงว่ามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะนี้ในระดับสูง ทำให้ผลตอบสนองการคัดเลือกทางพันธุกรรมเป็นไปได้ช้ากว่าลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง

จากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว พบว่าลักษณะน้ำหนักตัวที่ 8 สัปดาห์ มีค่าอัตราพันธุกรรมที่ค่อนข้างสูงกว่าลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุอื่น (0.19) ยกเว้นลักษณะน้ำหนักแรกเกิด โดยทั่วไปลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง แสดงว่าสัตว์มีความผันแปรทางพันธุกรรมของลักษณะนั้นสูง ทำให้สามารถจำแนกสัตว์ที่มีพันธุกรรมดีออกจากที่ไม่ดีได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้ผลตอบสนองการคัดเลือกไปได้เร็วกว่าลักษณะน้ำหนักตัว

Table 1 Effect of sex on body weight at 0-32 weeks and growth traits in Thai indigenous chicken (Chee).

Traits ^{1/}	No. of records	Sex		SEM	P-value
		Male	Female		
Wt0 (g)	3,279	30.76	30.64	0.13	0.41
Wt4 (g)	3,536	180.95 a	169.27 b	1.29	0.0001
Wt8 (g)	3,184	467.53 a	428.78 b	3.52	0.0001
Wt12 (g)	2,832	773.08 a	678.54 b	5.98	0.0001
Wt16 (g)	3,394	1,101.06 a	941.91 b	6.35	0.0001
Wt20 (g)	2,187	1,297.77 a	1,130.67 b	7.86	0.0001
Wt24 (g)	1,695	1,589.14 a	1,359.49 b	10.75	0.0001
Wt28 (g)	3,210	1,806.91 a	1,565.36 b	11.45	0.0001
Wt32 (g)	3,169	1,937.93 a	1,707.29 b	11.56	0.0001
Br16 (cm)	3,621	4.59 a	4.45 b	0.01	0.0001
ADG0-16 (g/day)	3,615	9.47 a	8.12 b	0.036	0.0001

^{1/} Wt0 = birth weight, Wt4 - Wt32 = body weight at 4 - 32 weeks, Br16 = breast width at 16 weeks, and ADG0-16 = average daily grain during 0-16 weeks.

^{a-b} Within a line, least squares means without a letter are significantly different (P<0.05).

Table 2 Genetic parameters for growth traits in Thai indigenous chicken (Chee).

Traits ^{1/}	Genetic parameters ^{2/}	
	σ_p^2	h^2
Wt0	17.73	0.35
Wt4	996.52	0.17
Wt8	6,925.40	0.19
Wt12	18,129.00	0.14
Wt16	26,032.00	0.17
Wt20	39,569.00	0.13
Wt24	63,313.00	0.11
Wt28	84,811.00	0.10
Wt32	118,400.00	0.09
Br16	0.15	0.13
ADG0-16	18.98	0.21

^{1/} Wt0 = birth weight, Wt4 - Wt32 = body weight at 4 - 32 weeks, Br16 = breast width at 16 weeks, and ADG0-16 = average daily grain during 0-16 weeks.

^{2/} σ_p^2 = phenotypic variance h^2 = heritability.

ช่วงอื่น ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักที่อายุจับขาย มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะนี้ในระดับสูง ดังนั้นในการปรับปรุงลักษณะนี้ต้องให้ความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมด้วย ส่วนในช่วงแรกเกิดซึ่งมีอิทธิพลทางพันธุกรรมค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากมีอิทธิพลทางพันธุกรรมของแม่ (maternal genetic effect) รวมอยู่ด้วย (Saatci *et al.*, 2006) ซึ่งไม่ใช่พันธุกรรมที่แท้จริงที่สัตว์แสดงออกมา จึงอาจจะไม่เหมาะสมที่จะใช้น้ำหนักแรกเกิดในการคัดเลือกเพื่อให้ได้ลักษณะการเจริญเติบโตที่ดี

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ ณ อายุจับขาย

ค่า r_G ระหว่าง Wt0 กับ Wt16, Br16, และ ADG0 - 16 มีทิศทางบวกในระดับปานกลางคืออยู่ในช่วง 0.40 - 0.49 (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับ อำนวย และคณะ (2539) ที่รายงานน้ำหนักตัวในช่วง 4 สัปดาห์แรกกับน้ำหนักตัวที่ 16 สัปดาห์ของไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำมีค่าอยู่ในช่วง 0.44 - 0.63 แต่ค่า r_p มีทิศทางบวกในระดับต่ำอยู่ในช่วง 0.07 - 0.12 แสดงว่าการแสดงออกของ Wt0 ในประชากรไม่สัมพันธ์กับการแสดงออกของลักษณะ Wt16, Br16, และ ADG0 - 16 ส่วน Wt16 กับ Br16 ค่า r_G มีทิศทางบวกในระดับสูงเท่ากับ 0.82 และค่า r_p มีทิศทางบวกในระดับปานกลางคือ 0.49 ซึ่งสอดคล้องกับ ศุภฤกษ์ และคณะ (2549) ที่รายงานค่า r_p ระหว่างน้ำหนักตัวและความกว้างอกที่อายุให้ไข่ฟองแรก มีทิศทางบวกในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน ส่วนลักษณะ Wt16 กับ ADG0 - 16

มีค่า r_G และ r_p ในทิศทางบวกระดับสูงเท่ากันคือ 0.99 สอดคล้องกับการศึกษาของ Aman and Becker (1983) รายงานว่าในไก่ทุกพันธุ์มีความสัมพันธ์ของสองลักษณะนี้เป็นไปในทิศทางบวกในระดับค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 0.60 - 0.90 ดังนั้นในการคัดเลือกควรเลือกเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยพิจารณาจากความยากง่ายของการเก็บข้อมูลและความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏที่อายุต่าง ๆ

ค่า r_G ระหว่าง Wt0 และ Wt4 - Wt32 มีค่าค่อนข้างต่ำ - ปานกลาง คืออยู่ในช่วง 0.18 - 0.44 ส่วนค่า r_p มีค่าในระดับต่ำคือมีค่าตั้งแต่ 0.03 - 0.20 (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับ ประพฤทธิ และคณะ (2549) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักแรกเกิดกับน้ำหนักที่อายุ 4 - 24 สัปดาห์ของไก่พื้นเมืองพันธุ์แดงมีค่าตั้งแต่ 0.21 - 0.31 และ 0.19 - 0.31 ตามลำดับ ดังนั้นการคัดเลือกไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ที่ใช้ให้น้ำหนักตัวที่อายุแรกเกิดสูง ไม่ส่งผลให้น้ำหนักตัวที่อายุต่าง ๆ สูงขึ้นด้วย ค่า r_G ระหว่างน้ำหนักตัวที่อายุห่างกัน 4 สัปดาห์ มีค่า ในระดับสูงมากอยู่ในช่วง 0.91 - 0.99 สอดคล้องกับ วีระชัย และคณะ (2550) รายงานค่า r_G ระหว่างน้ำหนักตัวที่อายุห่างกัน 4 สัปดาห์ในไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวมีค่าในระดับสูง (0.98 - 0.99) ดังนั้นสามารถใช้ประโยชน์จากลักษณะน้ำหนักตัว ที่อายุอย่างน้อยประมาณ 1 เดือน ก่อนถึงอายุเป้าหมายที่ต้องการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์

Table 3 Genetic correlations; r_G (above the diagonal) and phenotypic correlations; r_p (below the diagonal) of growth traits in Thai indigenous chicken (Chee).

Traits ^{1/}	Wt0	Wt16	Br16	ADG0-16
Wt0	-	0.49	0.40	0.46
Wt16	0.12	-	0.82	0.99
Br16	0.07	0.49	-	0.82
ADG0-16	0.08	0.99	0.49	-

^{1/} Wt0 = birth weight, Wt4 - Wt32 = body weight at 4 - 32 weeks, Br16 = breast width at 16 weeks, and ADG0-16 = average daily grain during 0-16 weeks.

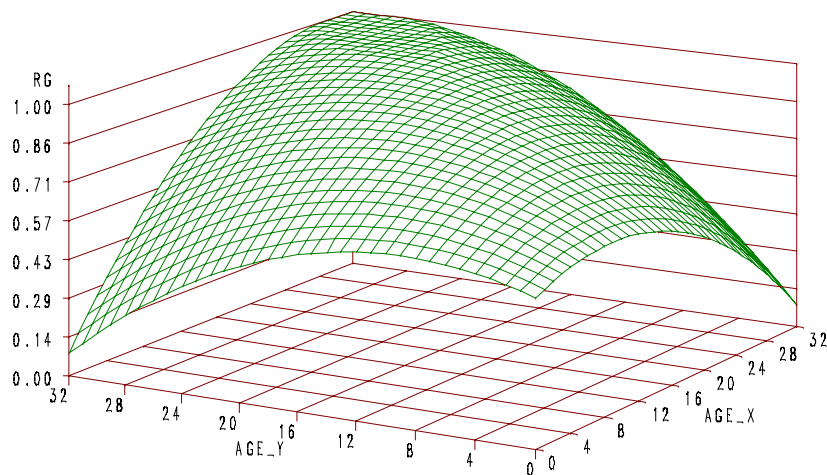
Table 4 Genetic correlations; r_G (above the diagonal) and phenotypic correlations; r_P (below the diagonal) among body weight in Thai indigenous chicken (Chee).

Traits ^{1/}	Wt0	Wt4	Wt8	Wt12	Wt16	Wt20	Wt24	Wt28	Wt32
Wt0	-	0.44	0.37	0.38	0.36	0.29	0.32	0.23	0.18
Wt4	0.20	-	0.92	0.79	0.73	0.58	0.55	0.48	0.39
Wt8	0.16	0.60	-	0.91	0.87	0.71	0.68	0.65	0.56
Wt12	0.14	0.47	0.69	-	0.96	0.88	0.85	0.84	0.76
Wt16	0.11	0.42	0.61	0.79	-	0.93	0.89	0.89	0.82
Wt20	0.09	0.30	0.49	0.69	0.85	-	0.94	0.95	0.91
Wt24	0.07	0.28	0.42	0.63	0.77	0.87	-	0.94	0.91
Wt28	0.05	0.21	0.37	0.60	0.77	0.88	0.95	-	0.99
Wt32	0.03	0.14	0.28	0.51	0.69	0.83	0.92	0.99	-

^{1/} Wt0 = birth weight, Wt4 - Wt32 = body weight at 4 - 32 weeks.

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวแสดงใน ภาพที่ 1 พบว่าลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุตั้งแต่ 20 สัปดาห์ขึ้นไป มีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในทิศทางบวกระดับสูงตั้งแต่ 0.85 ขึ้นไปกับลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 32 สัปดาห์ (224 วัน) ซึ่งอายุดังกล่าวใกล้เคียงกับอายุที่ไก่พื้นเมืองเป็นหนุ่มเป็นสาวหรืออายุเมื่อให้ไข่ฟองแรกจากรายงานของ บัญญัติ

(2535) และ ศิริพันธ์ และคณะ (2540) ดังนั้นจากค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะน้ำหนักตัวในแต่ละอายุดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ต้องการปรับปรุงและคัดเลือกลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุเป็นหนุ่มเป็นสาวโดยใช้น้ำหนักตัวที่อายุน้อย ๆ เพื่อลดระยะเวลาในการเลี้ยงฟักพ่อแม่พันธุ์ สามารถคัดเลือกได้จากลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุตั้งแต่ 20 สัปดาห์ขึ้นไป



AGE_X and AGE_Y were body weight at 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, and 32 weeks.

Figure 1 Genetic correlations (r_G) of body weight in Thai indigenous chicken (Chee).

สรุปและข้อเสนอแนะ

ค่าอัตราพันธุกรรมของ Br16 มีค่าต่ำคือ 0.13 ส่วน Wt16 และ ADG0 - 16 มีค่าเท่ากับ 0.17 และ 0.21 ตามลำดับ ค่า r_G ระหว่าง Wt0 กับ Wt16, Br16, และ ADG0 - 16 มีทิศทางบวกในระดับปานกลางเท่ากับ 0.49, 0.40, และ 0.46 ตามลำดับและค่า r_p มีค่าในระดับต่ำอยู่ในช่วง 0.07 - 0.12 ค่า r_G ระหว่าง Wt16 กับ Br16 มีทิศทางบวกในระดับสูงเท่ากับ 0.82 ส่วน Wt16 กับ ADG0 - 16 มีค่า r_G และ r_p มีทิศทางบวกในระดับสูงมากเท่ากับคือ 0.99 ค่า r_G ระหว่าง Wt20, Wt24, Wt28 กับ Wt32 มีค่าเท่ากับ 0.91, 0.91 และ 0.99 ตามลำดับ

จากการศึกษาครั้งนี้ค่าอัตราพันธุกรรมของ Br16 มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงถึงการมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะในระดับสูง ทำให้ผลตอบสนองการคัดเลือกเกิดขึ้นได้ช้ากว่าลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง จึงควรพิจารณาใช้การคัดเลือกร่วมกับลักษณะอื่นที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงและพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในระดับสูงประกอบ โดยให้ความสำคัญจากการกำหนดค่าเศรษฐกิจสัมพันธ์ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ควรคัดเลือกลักษณะความกว้างอก 16 สัปดาห์ ร่วมกับลักษณะอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยในช่วงอายุ 0 - 16 สัปดาห์หรือลักษณะน้ำหนักตัว 16 สัปดาห์

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้โครงการการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนานักวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ปีก สกว. คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทำพระ จังหวัดขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษาครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กองบำรุงพันธุ์สัตว์. 2549. โครงการการสร้างฝูงพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dld.go.th/breeding/r/pdf/chick_4_na_type_project.pdf (10 มีนาคม 2550).
- จเร กลิ่นกล่อม และดุริณี ณ รังษี. 2549. 3. การสร้างฝูงพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์แดง: 3.5 ค่าอัตราพันธุกรรมและลักษณะสัดส่วนร่างกายในไก่พื้นเมืองพันธุ์แดงรุ่นที่ 1 - 3. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dld.go.th/breeding/r/49/010_hen_1-3.pdf (16 กันยายน 2550).
- ทวี อ่อน, ไสว นามคุณ และอำนวย เลี้ยววารากุล. 2549. การสร้างฝูงไก่ประดู่หางดำ: 5. ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวไก่อายุต่าง ๆ. หน้า 373 - 381. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาสัตวศาสตร์สัตวแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธีระชัย ช่อไม้, เฉลิมพล บุญเชื้อ และอุดมศรี อินทรโชติ. 2550. การสร้างฝูงไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว: 2. สมรรถภาพการผลิตและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวของไก่. หน้า 82 - 89. ใน: รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- บัญญัติ เหล่าไพบูลย์. 2535. การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการผลิตไข่ของไก่พื้นเมืองและลูกผสม. เกษตร 20(1): 37 - 43.
- ประพฤทธิ์ จงใจภักดิ์, จเร กลิ่นกล่อม และทวีศิลป์ จินด้าง. 2549. 3. การสร้างฝูงพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์แดง: 3.4. ค่าอัตราพันธุกรรมและคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเศรษฐกิจในไก่พื้นเมือง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.dld.go.th>

- go.th/breeding/r/49/09_hen_ebv.pdf (16 กันยายน 2550).
- ศิริพันธ์ โมราถบ, อำนวย เลี้ยวธารากุล และสวัสดิ์ ธรรมบุตร. 2540. การผสมพันธุ์และการคัดเลือกพันธุ์ไก่เนื้อพื้นเมืองสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์มหาสารคาม 1: อายุและน้ำหนักเนื้อให้ไข่ฟองแรก. หน้า 100 - 110. ใน: รายงานประมวลเรื่องการประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 15. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เชียงใหม่.
- ศุภฤกษ์ สายทอง, อำนวย เลี้ยวธารากุล และอุดมศรี อินทรโชติ. 2549. 1.การสร้างฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่: 1.3 ลักษณะเมื่อเป็นสาวและเมื่อโตเต็มตัวของไก่เพศเมียอายุที่ 1 และ 2.(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dld.go.th/slo_loe/acrobat/23.pdf (16 กันยายน 2550).
- อำนวย เลี้ยวธารากุล, พัชรินทร์ สนั่นโพธิ์จรรย์ และศิริพันธ์ โมราถบ. 2539. การผสมพันธุ์และการคัดเลือกไก่พื้นเมืองสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์มหาสารคาม 2: สมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์. วารสารเกษตร 12(1): 55-64.
- อำนวย เลี้ยวธารากุล. 2542. อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ปรากฏสำหรับสมรรถภาพการผลิตก่อนให้ไข่ของไก่พื้นเมือง. วารสารวิชาการปศุสัตว์เขต 5 1(3): 11 - 21.
- Aman, N. and W.A. Becker. 1983. Genetic correlations between six-and seven - week-old broilers. Poultry Sci. 62:1918 – 1920.
- Duangjinda, M., I. Misztal and S.T. Surata. 2005. BLUPF90 Chicken Pak 2.5. Genetic Evaluation and Simulation Program. Department of Animal and Dairy Science, The University of Georgia and Department of Animal Science, Khon Kaen University.
- Prado - Gonzalez, E.A., L. Ramirez-Avila and J. C. Segura-Correa. 2003. Genetic parameters for body weights of Creole chickens from southeastern Mexico using an animal model. Livestock Research for Rural Development 15(1): 18 - 24.
- Saatci M., H. Omed and I. Ap Dewi. 2006. Genetic parameters from univariate and bivariate analyses of egg and weight traits in Japanese quail. Poult. Sci. 85: 185 - 190.
- SAS. 1998. SAS User's Guide. Version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.

ดัชนีบทความในวารสารเกษตร ฉบับที่ 1 และ 2 ปีที่ 23 (2550)

	หน้า
ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550	
ผลของการห่อข้อผลที่มีต่อการเติบโตและการสุกของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย	1
ผลของโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลที่มีต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ	11
การปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของพริกเผ็ด โดยใช้ลักษณะเกษตรเพศผู้เป็นหมัน	17
การเพิ่มความมีชีวิตของเมล็ดสังเคราะห์พริกหวานโดยใช้กรดแอบไซซิก	25
การพัฒนาเทคนิคการผลิตเมล็ดสังเคราะห์พริกหวาน	31
การวิเคราะห์พันธุกรรมของไหมพื้นเมืองพันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ 1 โดยเทคนิค RAPD-PCR	39
ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการควบคุมโรคยอดผักดาบของข้าวในระยะต้นกล้า	49
ประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกได้จากเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการควบคุมโรคยอดผักดาบในต้นกล้าข้าว	59
ผลของการอบรมเชิงบรรยายต่อความรู้และความตระหนักเกี่ยวกับการควบคุมโดยชีววิธีด้วยไรโซแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ของเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย	67
การจำแนกยีนที่ต้านทานต่อเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงในลูกสุกรก่อนหย่านมโดยใช้เทคนิค DDRT-PCR	79
ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2550	
ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อรา <i>Colletotrichum</i> spp. โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเทคนิค ISSR	89
ผลของการอัดตัวและปริมาณความชื้นในดินต่อแรงต้านทานของดิน	97
ผลของความยาววันต่อการเติบโต การสังเคราะห์แสงและการสะสมอาหารในปทุมมา	105
ความผันแปรทางพันธุกรรมระหว่างไอโซเลตของเชื้อราสกุล <i>Trichoderma</i> จากบริเวณรากของพริกและสารชีวภัณฑ์	115
การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในอณูโมเลกุลโดยรังสีแกมมา	123
อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและรูปแบบการใช้ที่ดินต่อคุณภาพดิน หมู่บ้านละบ้ายา ตำบลสะเนียง อำเภอมะนัง จังหวัดน่าน	133
การคัดเลือกแบคทีเรียบนผิวใบเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสของเสาวรส	147
ศักยภาพของศูนย์ข้าวชุมชนในการพัฒนาสู่การพึ่งตนเองด้านเมล็ดพันธุ์: กรณีศึกษา จังหวัดพะเยา	155
การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านชีวภาพของระบบการผลิตข้าวใน จังหวัดพะเยา	165
การพัฒนาขีดความสามารถของเกษตรกรเพื่อการผลิตไม้ผลคุณภาพส่งออกตามแนวทางปฏิบัติ “โรงเรียนเกษตรกร”	173

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 23 No. 3 October 2007

Ultrastructure of Citrus Leaves Infected by Huanglongbing (Greening) Disease

On-u-ma Ruangwong, Angsana Akarapisan and Chatree Sittigul.....185

Sap Flow and Stomatal Resistance of Longan Trees Irrigated with Partial Root-zone Drying in Comparison with Deficit and Full Irrigation

Winai Wiriya-Alongkorn and Somchai Ongprasert.....191

Effect of Sucrose on Growth and *In Vitro* Tuberization of *Pecteilis sagarikii* Seidenf.

Theeraphon Phornsawatchai and Pimchai Apavatjirut.....197

Effect of Nitrogen and Ferric Chelate on Growth of Chinese Cabbage in Nutrient Film Technique-Hydroponic System

Theeraphon Phornsawatchai, Hathai Kidsadawanich and Soraya Ruamrungsri.....207

Hot Pepper Breeding Between *Capsicum annuum* x *C. chinense*

Pattana Pasorn, Lumyai Kowittayakorn, Thaworn Kowittayakorn and Srisomporn Preeprame.....213

Effect of Organic Compounds and Plant Growth Regulators on Development and Flowering of

Friederick's Dendrobium (*Dendrobium fredericksianum* Rchb. f.) Orchid *In Vitro*

Pratchaparn Nujeen and Sompong Te-chato.....219

Quality Comparison of Cabbage Produced by Organic and Conventional Systems During Storage

Neeranuch Mingmuang and Danai Boonyakiat.....227

Chromosome Number of Irradiated Sesame by Chromosome Doubling Technique Using Colchicine

Natchanun Pan-im and Nuttha Potapohn.....237

Postharvest Quality of Minimally Processed Hydroponic Lettuce cv. Green Oak Leaf

Warin Jaivisen and Danai Boonyakiat.....243

Estimation of Genetic Parameters of Growth Traits in Thai Indigenous Chicken var. Chee

Wootichai Kenchaiwong, Monchai Duangjinda, Banyat Laopaiboon and Thevin Vongpralub.....253